GORTANIA

Geologia
Paleontologia
Paletnologia

37 UDINE 2015

GORTANIA

•

GEOLOGIA
PALEONTOLOGIA
PALETNOLOGIA

VOL. 37 - 2015

EDIZIONI DEL MUSEO FRIULANO DI STORIA NATURALE

UDINE

GORTANIA
Geologia, Paleontologia, Paletnologia | 37 (2015) | 5-14 | Udine, 1.XII.2016 | ISSN: 2038-0410

Giovanni Battista Carulli
Giuseppe Muscio

MICHELE GORTANI (1872-1966) E IL TERREMOTO DEL 1928 IN CARNIA

MICHELE GORTANI (1872-1966) AND THE EARTHQUAKE OF 1928 IN CARNIA

Riassunto breve - Nell'occasione del 50° della scomparsa di Michele Gortani e del 40° del tragico terremoto che ha colpito il Friuli nel 1976, viene delineata l'attività svolta da Gortani stesso in occasione del sisma che ha interessato le Prealpi Carniche nord-orientali nel 1928. Le azioni del geologo carnico sono state approfondite dal punto di vista scientifico ed incisive nell'ambito politico e sociale.
Parole chiave: Michele Gortani, terremoto 1928, Carnia, Italia nord-orientale.

Abstract - *On the occasion of the 50th anniversary of the death of Michele Gortani and the 40th of the tragic earthquake that hit Friuli in 1976, it is outlined the work done by Gortani same during the earthquake that hit the north-eastern Carnic Pre-Alps in 1928. The actions of the geologist were devolped from a scientific perspective and incisive in the political and social.*
Key words: *Michele Gortani, 1928 earthquake, Carnia, NE Italy.*

Introduzione

L'anno in corso coinvolge la comunità scientifica di Scienze della Terra per due ricorrenze importanti: i 40 anni dai terremoti del 1976 ed i 50 anni dalla scomparsa, avvenuta nel 1966, di Michele Gortani. I due eventi, anche se verificatisi distanti nel tempo fra loro di un decennio, hanno un fattore comune che li unisce, gli studi geologici per la conoscenza degli eventi sismici che hanno colpito il territorio regionale.

La ricorrenza del tragico terremoto del 1976 è stata, nell'anno e continua ad esserlo, oggetto di celebrazioni, mostre e convegni mentre il ricordo dei 50 anni dalla morte di Michele Gortani potrebbe avere minore valenza celebrativa (a parte le lodevoli iniziative del Museo Friulano di Storia Naturale di Udine, della Comunità Montana della Carnia, dei Comuni di Ampezzo e Tolmezzo e del Museo Carnico delle Arti e Tradizioni Popolari, da lui fondato) se non si considerasse che fu Gortani che descrisse accuratamente il terremoto del 1928 in Carnia[1]. Questo evento, talvolta noto anche come "il terremoto di Verzegnis", fu quello di massima intensità che aveva interessato la regione quasi 50 anni prima della sequenza sismica del 1976, ben più distruttiva.

1) Il terremoto del 1928 in Carnia è il tema di una mostra, allestita nell'estate del 2016 ad Ampezzo dalla Comunità Montana della Carnia - Museo Geologico della Carnia in collaborazione con il Museo Friulano di Storia Naturale, e che è stata lo spunto per la redazione di questa nota.

Il terremoto del 1928

Nel pomeriggio del 26 marzo 1928 si verificò una prima scossa con intensità (Io) del VI grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS) e magnitudo (Mw)=5.7, che allarmò fortemente la popolazione dell'area Tolmezzo-Verzegnis. La scossa fu seguita nella notte da una seconda con Io=IV MCS. La scossa principale si sprigionò alle ore 9.32' del 27 marzo e raggiunse nell'area Verzegnis-Cavazzo Carnico l'intensità massima con Io=IX MCS e Mw=6.02 (Rovida et al. 2016; Locati et al. 2016; Guidoboni et al. 2007). La profondità ipocentrale è indeterminata (nelle sue pubblicazioni Gortani [1928, 1929] indica per l'ipocentro una profondità compresa fra 6,6 e 8,4 km), mentre c'è concordanza sulle coordinate dell'epicentro, posto alcuni km a sud di Verzegnis (46.372 - 12.975). Il meccanismo focale (fig. 1) è di tipo trascorrente (Sleiko et al. 1987), che indica anche per questo terremoto del Tolmezzino l'attivazione di una faglia del sistema trascorrente destro Idrija-Ampezzo (Zanferrari et al. 2013).

Gli effetti distruttivi più intensi si registrarono nei comuni di Vergegnis e Cavazzo Carnico, ma gravi danni (VII grado MCS: Rovida et al. 2016; Locati et al. 2016) furono diffusi in tutta la Carnia centrale, da Paluzza a Clauzetto e da Tramonti a Pioverno/Venzone (fig. 1). Il terremoto fu distintamente percepito non solo nella regione friulana e veneta orientale, con lievi danni in varie località dell'alta pianura friulana, ma anche in Ba-

viera, Svizzera, Slovenia, Dalmazia e fino all'Appennino bolognese (fig. 2). Fortunatamente, l'ora del mattino trovò poche persone nelle case mentre molti erano al lavoro all'aperto, nei campi e nei boschi: le vittime furono, quindi, poche e soprattutto a Verzegnis dove la località Santo Stefano, con danni gravissimi e undici morti, pagò il tributo più elevato.

I danni invece furono notevoli. L'area colpita è montuosa e comprendeva insediamenti di dimensioni modeste, la cui magra economia si basava quasi esclusivamente sulla pastorizia e sul taglio del legname, costringendo all'emigrazione buona parte dei residenti.

Il Catalogo dei Forti Terremoti in Italia, di Boschi et al. (1995), riporta informazioni sui danni al patrimonio edilizio, sul numero di vittime e di feriti, così come sulle reazioni all'evento da parte della popolazione e delle istituzioni. Le informazioni sono attinte da articoli apparsi nei giorni seguenti sulla stampa nazionale, con particolare riferimento al "Corriere della Sera" del quale si segnalano i resoconti per l'ampiezza dei temi e dei dettagli descrittivi.

Con il progredire dei resoconti giornalistici si viene così a conoscenza di danni riportati anche a Cavazzo Carnico, Cesclans, Somplago, Pusea, Villa Santina, Tolmezzo, Caneva, Chiaicis, Alesso, Peonis, Canale di San Francesco, Vito d'Asio (figg. 2 e 3).

I giornalisti riferiscono poi, nelle cronache successive, che:

"*Alla prima scossa, del 26.3, a Tolmezzo la popolazione fu presa dal panico.... Nella chiesa della frazione Chiaicis (Comune di Verzegnis), un quarto d'ora prima della scossa del 27.3, era finita una solenne messa celebrata per implorare la protezione dai terremoti del patrono locale [...]. La seconda scossa, quella del 27.3,*

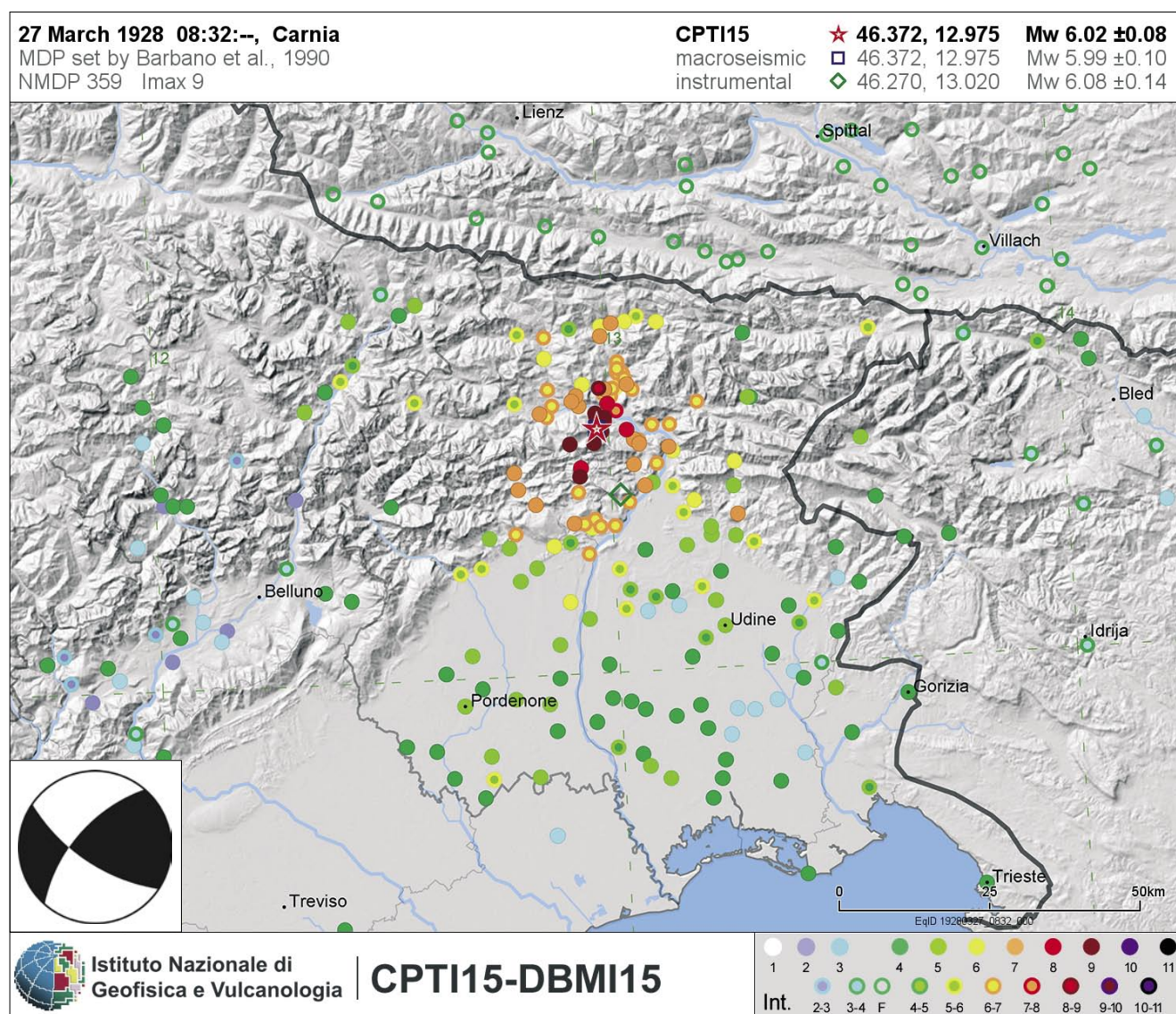



Fig. 1 - Distribuzione dei danni prodotti dal terremoto del 27 marzo 1928 (Rovida et al. 2016; Locati et al. 2016). Nel riquadro in basso a sinistra: meccanismo focale del terremoto del 27 marzo 1928 in Carnia (spiegazione nel testo).
- *Damages of the 1928.03.27 Carnia earthquake (Rovida et al. 2016; Locati et al. 2016). In the box: focal mechanism of the 1928.03.27 Carnia earthquake (details in text).*

Fig. 2 - Si recuperano le masserizie prima di abbandonare una casa danneggiata (foto Pignat, Archivio Civici Musei di Udine).
- *Carnia 1928: people retrieving their belongings before leaving a damaged house (photo Pignat, Archive Civici Musei di Udine).*

Fig. 3 - Chiaicis di Verzegnis: il sisma ha distrutto la parte absidale della Chiesa (foto Vittorio Molinari, Archivio Gruppo Gli Ultimi, Tolmezzo).
- *Chiaicis, Verzegnis: the earthquake destroyed the apse of the Church (photo Vittorio Molinari, Archive Gruppo Gli Ultimi, Tolmezzo).*

causò l'abbandono delle case in numerosi centri. Le abitazioni crollate o inabitabili furono in totale qualche centinaio di cui 130 nel solo comune di Verzegnis; a Tolmezzo un terzo del totale degli edifici fu danneggiato […]. La sera stessa del terremoto, 200 persone partirono da Tolmezzo con treno speciale per Udine […]. Anche 40 feriti gravi furono trasportati a Udine. I malati che erano ricoverati all'ospedale di Tolmezzo, fuggiti in cortile durante la scossa, furono ospitati in vagoni alla stazione; anche le carceri, seriamente danneggiate, furono sgomberate […]. A Verzegnis 150 bambini fuggirono incolumi dalla scuola, che si trovava nell'edificio del Comune; questo riportò danni tali da dover essere demolito […]. Il 28 fu inoltrata al governo la richiesta di baraccamenti, in quanto le tende fornite dall'esercito erano inadatte alla stagione piovosa. Il giorno seguente la popolazione di Verzegnis stava costruendo autonomamente capanne di legno […].

Gli abitanti di S. Stefano e di Poris(2) *si radunarono sulla cima della montagna, rifiutando di abbandonarla anche sotto le pressioni dei militari mandati per tentare di convincerli a scendere […]. A Tolmezzo i danni dovuti alla scossa furono aggravati, in alcuni casi, dalla presenza di lesioni dovute a terremoti precedenti; in particolare, furono gravemente danneggiati il Duomo, il Tribunale e gli edifici scolastici; le ville signorili costruite pochi anni prima tra la stazione e il fiume Tagliamento riportarono lesioni notevoli, che in alcuni casi ne resero necessaria la demolizione."*

---

2) Si tratta quasi certamente della località di Pozzis, in alta Val d'Arzino, alle pendici meridionali del Montre Verzegnis.

Fig. 4 - Michele Gortani (Archivio Gortani, Fondazione Museo Carnico delle Arti Popolari, Tolmezzo).
- *Michele Gortani (Archive Gortani, Fondazione Museo Carnico delle Arti Popolari, Tolmezzo).*

Seppure il numero delle vittime coinvolte ed i danni subiti non siano stati poi rilevantissimi, i problemi causati dal sisma furono notevoli, amplificati dalla condizione di arretratezza dell'area e, non secondario, dalla scarsa attenzione iniziale dell'apparato burocratico statale, nonostante l'intervento diretto di Mussolini che aiutò subito la popolazione con una sua elargizione personale.

In realtà la risposta istituzionale ed amministrativa fu enfatizzata dalla stampa di regime: "*Dalla mattina del 27 marzo fu mobilitata in soccorso della popolazione la 55.a legione della milizia, con sede a Gemona. Nella sera del 27 marzo partirono da Udine due treni di soccorso e camion con materiali, soldati di fanteria e alpini […]. A Udine si tenne una riunione della Federazione Commercianti e Agricoltori, durante la quale la Federazione Fascista di Udine raccolse denaro per l'invio di due camion di viveri […]. Il 27 marzo giunsero in Carnia 5.000 tende da truppa e due tende da ospedale, accompagnate da medici e medicinali; i feriti gravi, circa 40, vennero trasportati all'ospedale di Udine. Il 28 giunse sul luogo l'ispettore del Ministero lavori pubblici con una commissione la quale inviò al Ministero a Roma un rapporto dettagliato […]. In molti paesi e città friulani si formarono comitati per organizzare la raccolta di aiuti […]. Nel pomeriggio del 28 marzo il Vicario Generale si recò a visitare le chiese danneggiate. Il 28 fu inoltrata al governo la richiesta di baraccamenti, in quanto le tende fornite dall'esercito erano inadatte alla stagione piovosa[…]. Le comunicazioni telefoniche e telegrafiche furono ristabilite il giorno 29 marzo, mentre squadre di minatori e zappatori continuavano l'opera di sgombero delle strade ostruite dalle frane…*".

Tra gli effetti sull'ambiente si segnala che "*Nel territorio del comune di Verzegnis il terremoto causò il distacco di massi rocciosi e varie frane, che interruppero la circolazione sulle strade di montagna. A Verzegnis, Villa Santina, Bordano e Zuglio fu osservata variazione nella portata e intorbidamento delle acque di alcune sorgenti. Fenomeni di intorbidamento delle acque potabili riguardarono Tolmezzo e Tramonti di Sopra. Il piccolo lago di Cavazzo Carnico si agitò durante la scossa.*"

Successivamente alla scossa principale del 27 marzo furono avvertite in Carnia, fino a novembre, molte molte repliche di intensità macrosismica variabile dal III al VI grado della scala MCS.

Le ricerche geologiche di Gortani

Le notizie prodotte dai giornali furono in parte utilizzate da Alfonso Cavasino, sismologo insigne presso il Regio Ufficio Centrale di Meteorologia e Geofisica di Roma, che in alcune sue pubblicazioni edite nel 1928, 1929 e 1935 riportò la descrizione dei danni per le località citate anche dai giornali e la classificazione dei danni (non grave, leggero, leggerissimo) in numerose altre località. Oltre a ciò, definì le coordinate precise dell'epicentro e riportò le varie città europee in cui il terremoto era stato registrato dagli strumenti o avvertito.

Nel 1928 Michele Gortani[3] aveva 45 anni, nel pieno della sua feconda energia di studioso, ed era titolare

3) Michele Gortani nasce a Lugo, in Spagna nel 1883, da genitori carnici. Dopo gli studi superiori a Udine s'iscrive al corso di laurea in Scienze Naturali all'Università di Bologna dove viene notato dal suo professore Giovanni Capellini, che lo indirizza verso la geologia e la paleontologia. Si laureò nel 1904 ma già nel 1902 aveva pubblicato il suo primo articolo scientifico. Fa parte di quel nucleo di studiosi, guidati da Giovanni Marinelli, noto come "Scuola Geografica Friulana" (oltre a Giovanni e Olinto Marinelli, Ardito Desio, Egidio Feruglio, G.Battista De Gasperi, Renato Biasutti, Lodovico Di Caporiacco…) che cresce attorno alla Società Alpina Friulana e al Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, pubblicando i primi lavori su *In Alto* e *Mondo Sotterraneo*.
Dal 1905 inizia una lunga e proficua collaborazione con il paleontologo fiorentino Paolo Vinassa De Regny assieme al quale approfondisce lo studio della geologia della Carnia, giungendo così, in un ventennio, alla corretta interpretazione della successione paleozoica dell'area. Dopo la laurea inizia la carriera universitaria - che passa attraverso Perugia, Bologna, Torino, Pisa, Cagliari e Pavia - giungendo, nel 1924, alla cattedra di geologia all'Università di Bologna che mantenne ininterrottamente fino al 1953 quando, dopo il pensionamento, venne nominato Professore Emerito.
Nel 1913 venne eletto deputato nel collegio di Tolmezzo e allo scoppio della guerra si arruolò volontario prestando servizio come sottotenente degli alpini occupandosi, dopo la rotta di Caporetto, delle condizioni dei profughi friulani.
Oltre a importanti studi sulla geologia e paleontologia della Carnia si occupò anche di altre interessanti aree in Italia e all'estero, partecipando anche a due missioni in Africa Orientale tra il 1936 e il 1938.
Pubblicò oltre 300 articoli scientifici, la maggior parte dei quali dedicati alla sua amata Carnia. L'interesse di Gortani per la sua terra non si limitò alle sole scienze naturali: si occupò anche di etnografia, fondando il Museo delle Arti e Tradizioni Popolari di Tolmezzo.
Rieletto deputato dopo la Seconda Guerra Mondiale, fu membro dell'Assemblea Costituente e Senatore della Repubblica dal 1948 al 1953, impegnandosi sempre per migliorare le condizioni delle popolazioni montane. Morì a Tolmezzo nel 1966.
Maggiori dettagli sulla vita di Michele Gortani sono ricavabili dalla biografia recentemente pubblicata da Grossutti (2011).

Fig. 5 - Casa lesionata a Cavazzo. Gortani, nel suo articolo, nota il camino caduto verso ovest, elemento che ritiene indicare la direzione di propagazione delle onde sismiche (Archivio Gortani, Fondazione Museo Carnico delle Arti Popolari, Tolmezzo).
- *Injured building in Cavazzo. Gortani, in his article, notes the chimney felt westward: he considers it may indicate the direction of seismic waves (Archive Gortani, Fondazione Museo Carnico delle Arti Popolari, Tolmezzo).*

Fig. 6 - La distruzione a Pusea: il paese sorge alle pendici del monte Zouf, nel vallone del Rio Faeit (Archivio Gortani, Fondazione Museo Carnico delle Arti Popolari, Tolmezzo).
- *Destruction in Pusea: the village on the slopes of Mount Zouf, in the valley of the Rio Faeit (Archive Gortani, Fondazione Museo Carnico delle Arti Popolari, Tolmezzo).*

Fig. 7 - Tende in una frazione colpita dal sisma (foto Pignat, Archivio Civici Musei di Udine).
- *Tents in a smal village affected by the earthquake (photo Pignat, Archive Civici Musei di Udine).*

Fig. 8 - Carta tettonica e sismica dell'area maggiormente colpita dal terremoto del 1928 (Gortani 1928).
- *Tectonic and seismic map of the area most affected by the earthquake of 1928 (Gortani 1928).*

dal 1924 della cattedra di Geologia dell'Università di Bologna[4]. Egli si interessò immediatamente del disastro che aveva duramente colpito la sua gente e la sua terra. Dopo essersi recato sui luoghi colpiti dal sisma contattò immediatamente Cavasino, ricevendo una prima relazione che indicava, fra l'altro, i dati registrati dagli apparecchi sismici di tutt'Italia.

Sulla base di questi dati Gortani pubblica nello stesso anno un primo corposo articolo "*Il terremoto del 27 marzo 1928 nelle Prealpi dell'Arzino (Friuli). Note geologiche*" e, successivamente, la nota più sintetica e rigorosamente geologica "*Il terremoto friulano del 27 marzo 1928*".

Il primo lavoro, di ben 56 pagine, inizia con l'esame accurato della sequenza sismica dal 26 marzo al 31

4) Dove insegnerà, nominato professore emerito nel 1953, fino al 1958. Le sue pubblicazioni a stampa ammontano a ben 329 voci oltre a decine di articoli di divulgazione geologica e di indole varia su quotidiani a carattere nazionale e riviste locali friulane (Selli 1968).

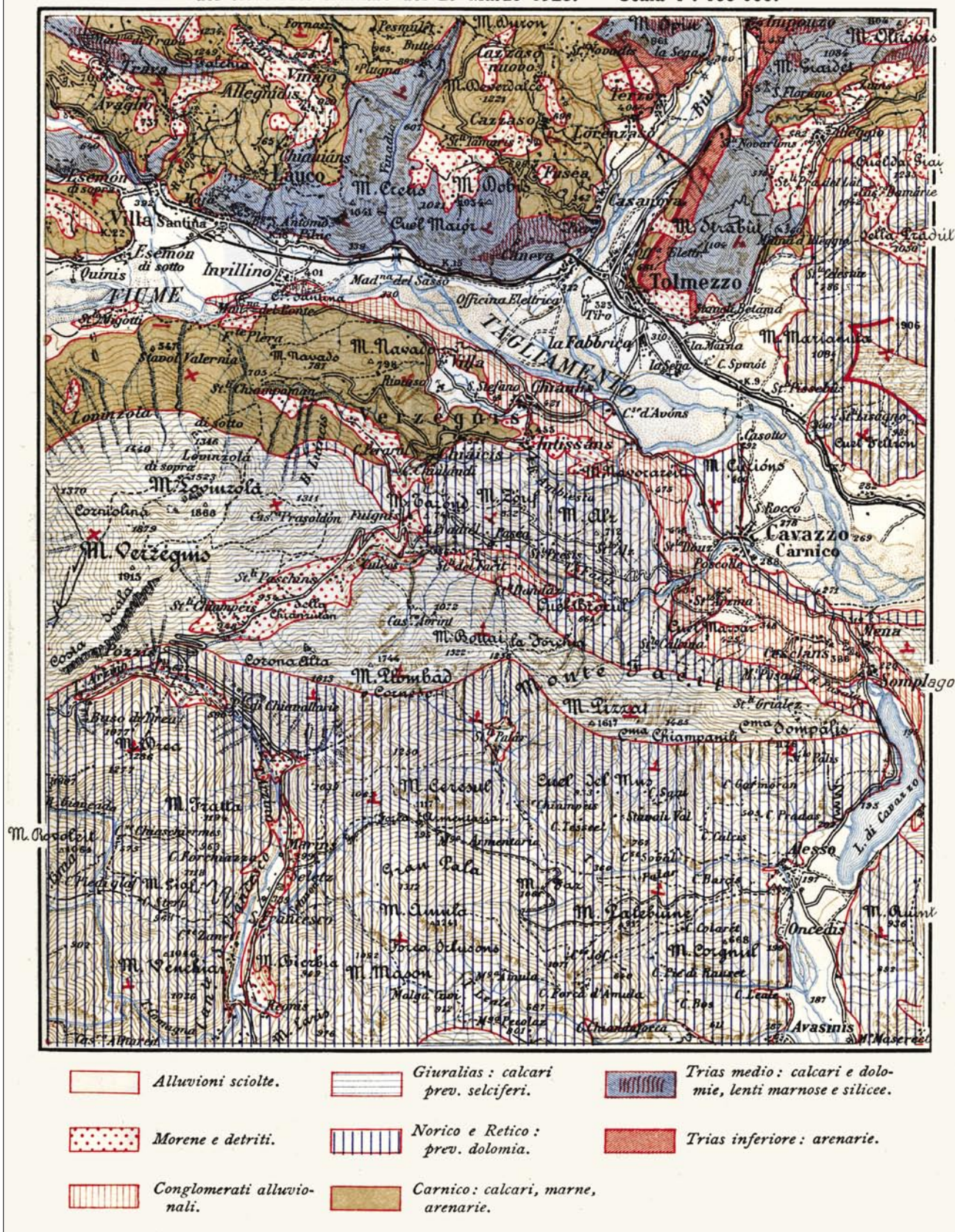



Fig. 9 - Carta geologica dell'area interessata dal terremoto del 1928 (Gortani 1928).
- Geologica map of the area affected by the earthquake of 1928 (Gortani 1928).

Fig. 10 - Schema dell'andamento dell'attività sismica rilevata nell'area di Tolmezzo dal 26 marzo al 31 dicembre 1928 (Gortani 1929).
- *Diagram of seismic activity detected in Tolmezzo area from 26 March to 31 December 1928 (Gortani 1929).*

IL TERREMOTO DEL 27 MARZO 1928
NELLE PREALPI DELL'ARZINO (FRIULI).
Note geologiche di MICHELE GORTANI

Introduzione. – La mattina del 27 marzo 1928 un terremoto disastroso squassò le Prealpi Carniche orientali (Prealpi dell'Arzino) e si propagò in misura sensibile per un vastissimo raggio, fino all'Appennino settentrionale. I giornali per qualche giorno si diffusero estesamente nel riferirne le dolorose conseguenze; ma in generale ne valutarono gli effetti in misura inferiore al vero, e nella fretta di dirne le cause diedero libero corso alle ipotesi più strampalate. Inesatta fu anche la denominazione di "terremoto della Carnia", con la quale il fenomeno venne solitamente indicato; denominazione procedente dal fatto che nella Carnia si trova la maggior parte degli abitati più gravemente colpiti. Anche la sola relazione ufficiale pubblicata finora, quella preliminare del Cavasino, è intitolata "Terremoto in Carnia" (1); perchè tale doveva parere la dicitura più propria in base ai dati che erano a disposizione dell'autore, e cioè alle prime notizie pervenute all'Ufficio centrale di Meteorologia e Geofisica.

Di tale fenomeno sismico il Cavasino stesso ha in preparazione il particolareggiato studio geofisico. Lasciando al chiaro collega tutto quanto ha maggiore attinenza con la sua parte, è mio proposito di esporre nelle pagine che seguono i caratteri geologici del fenomeno, che si presenta degno di studio per molti riguardi.

Le scosse. – Il terremoto si manifestò con due scosse principali: del 26 marzo alle ore 15.41 (ora dell'Europa centrale), e del 27 marzo alle ore 9.32; la prima apprezzata nei paesi più prossimi all'epicentro come scossa del grado 6° e della durata

(1) In «Matériaux pour l'étude des calamités», publ. d. Soc. de Géogr. de Genève, IV, 1928.

L'Universo. 73

Fig. 11 - Frontespizio della nota pubblicata da Michele Gortani nella rivista "L'Universo".
- *Front page of the note published by Michele Gortani in the magazine "L'Universo".*

agosto mediante la descrizione dell'intensità delle scosse avvertite a Tolmezzo. Una quarantina di queste hanno grado pari o superiore al IV MCS; quelle del 2 agosto 1928, in particolare, causeranno ulteriori crepe e la caduta di una cospicua frana dal Monte Amariana.

Nelle pagine successive Gortani si concentra sulla meticolosa distribuzione ed entità dei danni alle costruzioni ("*Considerando l'insieme dei fatti non mi par dubbio che nell'area epicentrale l'intensità della scossa abbia raggiunto il 10° grado*") e, dovendo analizzare l'evento dal punto di vista geologico, anche sul regime delle sorgenti e sulle numerose frane (quasi 400). Gortani descrive così, analiticamente, gli effetti geologici del terremoto (regime delle sorgenti, parziale distruzione di una cavità sotterranea, sobbalzo e rovesciamento di massi, fenditure nel terreno, frane di detrito, frane di roccia) e gli effetti del terremoto sulle costruzioni.

Il dettaglio fornito è notevole: "*Sul colle Mozeit, poco a nord-ovest di Villa di Verzegnis, si ebbe una singolare segnalazione grafica naturale. Proprio sul ciglio della balza verso il Tagliamento, un ciliegio era cresciuto a contatto con un grande masso di conglomerato, in parte infossato nel suolo e avente circa 3 mq di base e 8 mc di volume; il terremoto fece sussultare il blocco, che strisciando contro la liscia scorza dell'albero vi lasciò impressa l'ampiezza del suo movimento verticale: 12 cm. Il peso del masso può valutarsi di a 20 tonnellate.*

Non mancano segni visibili di moto vorticoso: fra Santo Stefano e Villa di Verzegnis, al bivio per Rivasio (quota 430) il tabernacolo di Sant'Antonio fu girato di 30° in senso destrogiro (fig. 11); e una rotazione analoga compì un grosso dado marmoreo della fontana di Chiaicis (che però fu rimosso prima ch'io potessi fotografarlo)."

Egli riesce così a disegnare una dettagliata "*Carta sismica e tettonica della regione più colpita dal terremoto friulano del 28 marzo*" alla scala 1:100.000 (fig. 8). Su di essa traccia le isosisme dell'area (che rivedrà nel lavoro del 1929) sovrapposte ad uno schema strutturale che evidenzia le più importanti linee tettoniche della fascia fra Alpi Carniche meridionali e Prealpi Carniche: la zona epicentrale è quella, fortunatamente poco abitata, attorno al Monte Bottai, fra Pusea e Stalli Palar, a SE di Cavazzo Carnico. In un'altra "*Carta geologica dell'area megasismica*" (fig. 9), inserita nella stessa pubblicazione, inquadra l'area in un contesto regionale più ampio con la perimetrazione delle aree a diversa lito-stratigrafia.

Sulla base delle conoscenze di allora Gortani specifica che, dal punto di vista strutturale, il terremoto ha ha interessato "*la più settentrionale fra le varie scaglie embriciate costituenti le Prealpi Friulane. È stato un impulso trasversale rispetto all'asse tettonico ed orografico della catena. La zona squassata è compresa fra la faglia-flessura del Tagliamento a nord e la piega-faglia Alesso-Tramonti di Sopra a sud*".

Le due strutture tettoniche indicate da Gortani (1928, 1929) sono state in seguito chiamate, rispettiva-

mente, "Linea dell'Alto Tagliamento" e "Linea Monte Dof - Monte Auda".

Nell'articolo apparso sul Giornale di Geologia, Gortani precisa ulteriormente il rapporto con l'assetto tettonico dell'area e aggiunge che "*Abbiamo quindi un esempio di terremoto tettonico particolarmente evidente e istruttivo; direi quasi un esempio scolastico. Ed è interessante notare che il fenomeno sismico si venne lentamente preparando, per lo meno dalla primavera del 1924.*"

Gli interventi politici di Gortani

Il terremoto del 1928 va ad agire su un'area piuttosto depressa con edifici non fatiscenti ma di certo non in grado di garantire la resistenza a eventi sismici rilevanti.

Alle prime richieste presentate dai podestà di Tolmezzo, Cavazzo Carnico e Vito d'Asio, lo Stato risponde il 17 agosto 1928, attraverso il Prefetto di Udine, che in vista di un'ulteriore azione, dice "*[…] mentre da una parte la Finanza non ha creduto di consentire che un'autorizzazione di spese per L. 3 milioni, d'altra parte, le popolazioni, come sempre avviene in simili contingenze, tutte richiedono dallo Stato, e domandano che siano riparati come danneggiati dal terremoto edifici già in pessime condizioni prima del movimento tellurico", ricordando il caso delle scuole di Tolmezzo per le quali viene chiesta la sistemazione quando vi era già un progetto di ricostruzione in quanto ritenute insicure e fatiscenti prima dei fatti sismici. Ma soprattutto lo Stato non intende avviare le azioni per mettere le case "in armonia con le norme tecniche, e cioè in condizioni di resistere a sollecitazioni sismiche che potessero verificarsi in avvenire". Si dovrebbe perciò adottare per la Carnia provvedimenti che non sono mai stati attuati in altre zone e che importerebbero una spesa notevolissima, non giustificata da vero pericolo, ma solo da preoccupazioni di una eventualità incerta*".

Gortani, assieme ai podestà, risponde un mese dopo con una nota durissima inviata al Prefetto, ribattendo punto su punto e sottolineando con orgoglio la forza e la capacità della gente che ha agito prontamente riparando autonomamente già molti dei danni e ribadendo anche la necessità della prevenzione e del ruolo che i podestà hanno come tramite fra cittadini e Stato. Scrivono fra l'altro "*[…] Ci sia ora concesso, Eccellenza, di chiederci come e perché il Ministro sia stato informato così erroneamente a nostro danno. S.E. l'onorevole Giuriati*[4] *ci ha dato tali prove di personale interessamento che soltanto l'esistenza di rapporti tendenziosi ci può spiegare il tono e la forma della lettera ministeriale.*

Risalendo con tali ipotesi ai supposti rapporti dei funzionari dei Ministero dei LL.PP., ci sembra di riconoscere nell'insieme un tentativo di rigettare sulle popolazioni nostre la responsabilità del colossale errore di valutazione dei danni del terremoto che venne in un primo tempo commesso. […].

Tutto ciò può contribuire a spiegare in parte l'errore iniziale; e può essere invocato a scusa dei funzionari. Ma non è invece ammissibile che a tale scopo si imputino ad Enti e privati di una zona sventurata colpe che essi non hanno commesso.

Noi siamo certi che l'E.V. vorrà e saprà difendere e tutelare il buon nome del Friuli e farci render giustizia."

Ciò che più colpisce è certamente l'attenzione dimostrata da Gortani per la prevenzione sismica (*le azioni per mettere le case "in armonia con le norme tecniche, e cioè in condizioni di resistere a sollecitazioni sismiche che potessero verificarsi in avvenire*")[5], certamente frutto della profonda conoscenza geologica del territorio.

Manoscritto pervenuto il 16.IX.2016 e approvato il 02.XI.2016.

Ringraziamenti

La corrispondenza di Michele Gortani relativa al sisma del 1928 è stata gentilmente messa a disposizione dallaFondazione Museo Carnico delle Arti Popolari di Tolmezzo.

Un particolare ringraziamento a Luca Simonetto e Maria Eliana Poli per le informazioni fornite. Un grazie, inoltre, al referee per gli utili consigli.

Bibliografia

Boschi, E., E. Guidoboni, G. Ferrari, D. Mariotti, G. Valensise & P. Gasperini. 1995. Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980. *Annals of Geophysics,* Appendix to 43 (4): 609-868 (un CD-ROM con dati aggiornati al 1997 è stato pubblicato nel 2000).

Cavasino, A. 1928. Le tremblement de terre de Carnia 27 mars 1928. *Matériax pour l'étude des calamités* 5 (17): 67-9.

Cavasino, A. 1929. Il terremoto nelle Prealpi Carniche orientali del 27 marzo 1928. *Bollettino Società Sismologica Italiana* 28: 77-100.

Cavasino, A. 1935. *I terremoti d'Italia nel trentacinquennio 1899-1933.* Roma: Memorie del Regio Ufficio Centrale per la Meteorologia e la Geofisica, III, 4.

Gortani, M. 1928. Il terremoto del 27 marzo 1928 nelle Prealpi dell'Arzino (Friuli). Note geologiche. *L'Universo* 9: 1155-210.

Gortani, M. 1929. Il terremoto friulano del 27 marzo 1928 nei suoi rapporti con la tettonica. *Giornale di Geologia* 3: 147-52.

4) Giovanni Battista Giuriati (1876-1970) era allora Ministro dei LL.PP., poi Presidente della Camera e Segretario del PNF fra il 1930 e 1931. Dopo aver rifiutato la nomina ad ambasciatore a Berlino nel 1934, non più deputato, lasciò la presidenza della Camera, malgrado Mussolini lo avesse invitato a mantenere tale carica per un'altra legislatura. Poco dopo cessò di far parte del Gran Consiglio del Fascismo.

5) È una invocazione alla quale lo Stato rimane sordo: un lezione che impareremo solo 50 anni più tardi!

Grossutti, X. 2011. Michele Gortani. In *Nuovo Liruti. Dizionario biografico dei Friulani. 3 Età contemporanea* (Cir-Lep), cur. Scalon C., Griggio C. & Bergamini G., 1727-39. Udine: Forum.

Guidoboni, E., G. Ferrari, D. Mariotti, A. Comastri, G. Tarabusi & G. Valensise. 2007. CFTI4Med, *Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.) and Mediterranean Area (760 B.C.-1500)*. INGVSGA. www.emidius.eu/ahead/digital_library/popup_root_info.php?root_code=GUAL007.

Locati, M., R. Camassi, A. Rovida, E. Ercolani, F. Bernardini, V. Castelli, C.H. Caracciolo, A. Tertulliani, A. Rossi, R. Azzaro, S. D'Amico, S. Conte & E. Rocchetti. 2016. *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15. http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/.

Rovida, A., M. Locati, R. Camassi, B. Lolli & P. Gasperini, cur. 2016. *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15. http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/.

Selli, R. 1968. Michele Gortani. *Accademia Nazionale Lincei, Celebrazioni Lincee* 9: 1-23.

Sleiko, D., G.B., Carulli, F., Carraro, D., Castaldini, A., Cavallin, C.,Doglioni, V., Iliceto, R., Nicolich, A. Rebez, E., Semenza, A., Zanferrari, C. Zanolla. 1987. Modello sismotettonico dell'Italia nordorientale. *C.N.R.-Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti*, *Rendiconti* 1: 1-82.

Zanferrari, A., D. Masetti, G. Monegato & M.E. Poli. 2013. *Carta geologica e Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 049 "Gemona del Friuli"*. ISPRA, Servizio Geologico d'Italia, Regione Autonoma Friuli Venezia. http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/friuli.html.

Authors' addresses - Indirizzi degli Autori:
- Giovanni Battista Carulli
  via di Campo Marzio 4, I-34123 TRIESTE
  e-mail: carulli@units.it
- Giuseppe Muscio
  Museo Friulano di Storia Naturale
  via Sabbadini 22-32, I-33100 UDINE
  e-mail: giuseppe.muscio@comune.udine.it

Giorgio M. Bortolozzi
Monica Pondrelli
Luigi Vidus

I MINERALI DELLA CRETA DI TIMAU (LAGO AVOSTANIS, PALUZZA, UDINE): RISCOPERTA DI UN'ANTICA LOCALITÀ MINERARIA

MINERALS FROM THE CRETA DI TIMAU (AVOSTANIS LAKE, PALUZZA, UDINE, NE ITALY): REDISCOVERY OF AN ANCIENT MINING LOCALITY

Riassunto breve - Gli affioramenti presenti nei pressi del Lago Avostanis costituiscono un ottimo esempio di continuità con i giacimenti ben più importanti del Monte Avanza e di Comeglians. Lo studio geologico di dettaglio dell'area ha permesso di rilevare strutture, associabili a faglie o a paleocarsismo, formatesi a seguito di esposizioni subaeree, al cui interno sono stati rinvenuti affioramenti in tracce di azzurrite e malachite. La ricerca accurata dei minerali, nella pietraia sottostante la Creta di Timau, ha consentito il riconoscimento di oltre 40 specie, tra le quali: beaverite-(Cu), beudantite, camerolaite, carminite, cinabro, cuproroméite, dickite, eritrite, duftite, jarosite, langite, linarite, mimetite, olivenite, plumbojarosite, scorodite, segnitite e zincolivenite.
Parole chiave: Minerali, paleocarsismo, Devoniano, Carbonifero, Alpi Carniche.

Abstract - *The porous, mineral-bearing, chert outcrops located in the surroundings of the Avostanis Lake represent a nice example of lateral continuity with the better known and larger deposits of Mount Avanza and Comeglians. The detailed geological analysis of the studied area allowed to recognize and map these deposits which include traces of malachite and azurite minerals, which formation might be related either to paleokarst or synsedimentary faulting geological contexts. The detailed sampling and analysis of the minerals along the base of the Creta di Timau eastern cliff, allowed to recognize more than 40 mineral species, including beaverite-(Cu), beudantite, camerolaite, carminite, cinnabar, cuproroméite, dickite, erythrite, duftite, jarosite, langite, linarite, mimetite, olivenite, plumbojarosite, scorodite, segnitite and zincolivenite.*
Key words: *Minerals, paleokarst, Devonian, Carboniferous, Carnic Alps.*

Introduzione e cenni storici

Le Alpi Carniche (Friuli, NE Italia) rappresentano la parte da non a poco metamorfica del substrato delle Alpi Meridionali (Vai 1976; Brime et al. 2008). La successione stratigrafica qui presente è quella meglio preservata di tutto il settore alpino, così da rendere le Alpi Carniche un'area strategica per le ricostruzioni paleoambientali e paleogeografiche a scala sovraregionale (Corradini & Suttner 2015).

Ad interessarsi degli aspetti più prettamente mineralogici dell'area carnica è stato, recentemente, Zucchini (1998) che riporta anche alcuni cenni storici per il settore di Timau, oggetto della presente nota, che vengono di seguito riportati.

È probabile che, fin dai tempi antichi, venissero sfruttati i minerali di rame e argento nelle montagne nei dintorni di Timau, anche se i primi scritti a testimonianza di questi lavori risalgono al 21 gennaio 1489. Altri documenti confermano uno sfruttamento continuato nel tempo in molte zone limitrofe all'abitato di Timau tra il 1490 e il 1578.

Paolo Santonino, nel suo "Itinerarium", descrive le visite pastorali del vescovo di Caorle Pietro Carlo in queste regioni negli anni 1485-1487: "Postmodum circa horam XXIIm applicuit ad locum Timavi et ibi ea nocte remansit ubi est fons Timavi et nova fodina argenti, in qua tunc primun argentarius folles ceperat agitare pro argento ex vene lapidibus excutiendo". Altre notizie risalgono al 29 giugno 1489 quando il governatore del patriarcato Buzio de Palmulis scrisse al prete Giovanni beneficiato in Paluzza "[...] Ville Timavi, que existit filialis ecclesie de Palucia cure tue, effossoribus minere argenti [...]".

Dopo accurati sopraluoghi, Lazzarini nel 1903 aveva ben intuito l'opera dell'uomo in tutta l'area di Timau: "Che le grotte di Timau sieno state intaccate dalla mano dell'uomo, che questi vi abbia lavorato, tracce troppo

palesi vi si scorgono tutt'ora, specialmente nella parte inferiore, per dubitarne [...]. A destra ed a sinistra, nella viva roccia, si scorgono delle poderose intaccature, degli incavi di due per parte, a fronte, in cui, ben si comprende, dovette esserci un tempo, saldamente fissata una spranga, un travicello, od altro di simile [...]".

Purtroppo questi segni antropici sono oggi di difficile interpretazione, sia per le enormi modificazioni operate durante il primo periodo bellico, sia per la costante percolazione d'acqua che ha ulteriormente celato tutti i segni di lavorazione rivestendo i cunicoli d'incrostazioni calcaree.

La località "Schmelzhütte" (fornace fusoria), indica un'area dove il materiale estratto era lavorato e nella quale Giuseppe Girardi (1841) osservò i resti di forni fusori: "A Timau esistono gli avanzi dei Forni di nobile metallo da me osservati nel 1808 [...]". Nell'area furono rinvenute notevoli quantità di scorie, fatte successivamente esaminare da Angelo Coppadoro al prof. Senofonte Squinabol dell'Università di Padova. Tali scorie rivelarono un'alta percentuale d'ossidi di Ca, Fe e Si che furono messi in relazione al trattamento cui era sottoposto il minerale al fine di estrarne il rame.

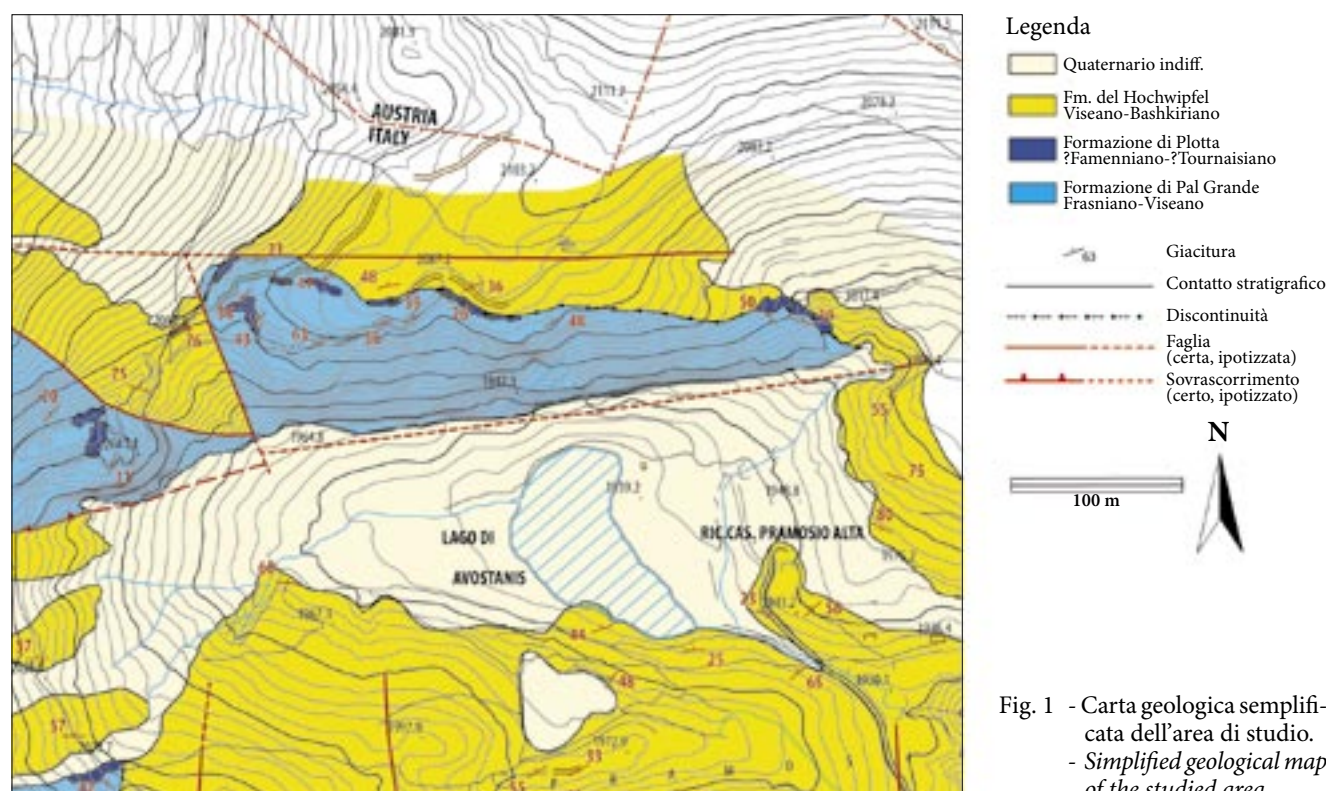
Sono ormai passati alcuni anni da quando i collaboratori del Museo Friulano di Storia Naturale ostinatamente ricercavano affioramenti di minerali sulle Alpi Carniche, cercando di individuare anche le correlazioni mineralogiche tra le differenti località regionali. Negli anni novanta lo stesso Museo fece intraprendere uno studio sistematico sulle miniere e le mineralizzazioni in Friuli. Questo impegno si concluse con la raccolta, pressoché completa, della documentazione storica esistente e con l'inserimento, nelle collezioni museali di numerosi e significativi campioni provenienti da molte località della provincia di Udine (Zucchini 1998).

Da allora i lavori sul campo sono stati portati avanti da collezionisti e appassionati, che negli anni hanno affinato le tecniche di ricerca ottenendo risultati significativi, in particolare con lo studio dei *micromount*. È proprio da questa attività che, recentemente, si è giunti ad uno studio particolareggiato della paragenesi del giacimento del Monte Avanza (Bortolozzi et al. 2015) e di San Giorgio di Comeglians (Ciriotti et al. 2006), lavori significativi anche dal punto di vista scientifico. Dal 2014 è iniziata una proficua collaborazione tra diverse università, il Museo Friulano di Storia Naturale di Udine e alcuni appassionati, per lo studio dettagliato di alcune località mineralogiche regionali, interessando siti quali quello del Lago Avostanis e del ben più noto San Giorgio di Comeglians.

Le mineralizzazioni nella Provincia di Udine, infatti, seppure citate in varie pubblicazioni, non sono ancora state cartografate in dettaglio lungo tutta la catena e, in generale, mancano di uno studio sistematico.

Inquadramento geologico

L'area adiacente al Lago Avostanis è caratterizzata dalla transizione fra i depositi carbonatici, che sono prevalenti nella successione del bacino carnico fra il

Fig. 1 - Carta geologica semplificata dell'area di studio.
- *Simplified geological map of the studied area.*

Siluriano e la parte più bassa del Carbonifero Inferiore, e i depositi silicoclastici della Formazione del Hochwipfel (fig. 1).

La successione è inclinata verso NNE (fig. 2) e rappresenta il fianco settentrionale di una anticlinale, a scala pluri-chilometrica, originatasi per trascinamento lungo un sovrascorrimento orientato N120°E sud-vergente (Venturini 1990).

I depositi carbonatici sono rappresentati dalla parte alta della Formazione di Pal Grande (Spalletta et al. 2015a). Questa unità è costituita da *mudstone* e *wackestone* di colore grigio medio. La stratificazione originaria è generalmente cancellata da frequenti strutture da pressione-soluzione che forniscono a queste rocce il caratteristico aspetto pseudo-nodulare. Il contenuto fossilifero è rappresentato da brachiopodi, climenidi e crinoidi. L'ambiente di deposizione di questa parte dell'unità è stato interpretato, da Spalletta et al. (2015a), come di bacino aperto in condizioni pelagiche. La distribuzione stratigrafica della formazione va dal Frasniano al Viseano (Devoniano Superiore - Carbonifero Inferiore) nell'intera catena, mentre è limitata, nell'area oggetto di studio, al Famenniano (Perri & Spalletta 1998).

La Formazione di Pal Grande è localmente coperta in discontinuità da affioramenti lentiformi di depositi selciferi porosi di colore da grigio a nero, che corrispondono alla Formazione di Plotta (Spalletta et al. 2015b). Questa unità è stata interpretata come formata in condizioni paleocarsiche a seguito di esposizione subaerea (Schönlaub et al. 1991; Spalletta et al. 2015b). L'età è stata stimata come possibilmente compresa fra la parte superiore del Famenniano e il Tournaisiano da Spalletta et al. (2015b).

La Formazione del Hochwipfel (Spalletta et al. 1980, 2015c) giace in discontinuità sopra la Formazione di Pal Grande o la Formazione di Plotta. Nell'area di studio, consiste di quarzoareniti, arenarie litiche, siltiti e peliti in strati spessi da pochi fino a circa 30 cm che mostrano i caratteri tipici delle torbiditi. L'ambiente deposizionale di questa unità è stato interpretato come legato a fenomeni di deposizione gravitativa, principalmente torbiditica, in ambiente pelagico (Spalletta et al. 2015c).

Localmente l'evoluzione complessiva registra quindi almeno un possibile episodio di emersione precedente a un rapido approfondimento associato ad un controllo tettonico (Spalletta & Venturini 1995; Venturini & Spalletta 1998; Pondrelli et al. 2015).

Fig. 2 - Lago Avostanis. Sulla sfondo la Creta di Timau (Alpi Carniche). L'asterisco indica il ghiaione oggetto di ricerca.
- *Avostanis lake; on the background the Creta di Timau (Carnic Alps). The asterisk indicates the investigated area.*

La zona di ricerca

L'area oggetto del presente studio si trova nell'alta Valle del Bût, a NE di Timau in prossimità del confine italo-austriaco. Provenendo da Paluzza si prosegue per qualche chilometro fino all'abitato di Laipacco, dal quale inizia la salita fino alla Casera Pramosio Bassa (1521 m). Lasciata la macchina si segue l'agevole stradina che porta al pascolo di Casera Malpasso, per poi proseguire fino a raggiungere la conca del Lago Avostanis (1936 m; fig. 2), un magnifico esempio di bacino di origine glaciale, tanto da essere stato inserito tra i geositi più importanti del Friuli Venezia Giulia (Cucchi et al. 2009).

La mineralizzazione è ben evidente rovistando nella pietraia a ridosso della parete calcarea della Creta di Timau (2219 m; figg. 3 e 4), dalla quale si suppone provengano i massi con i campioni descritti nella presente pubblicazione. Altre manifestazioni in affioramento sono state individuate nella parte sommitale della palestra di roccia del Monte Avostanis.

Studi geologici dell'intera area (Schönlaub et al. 1991; Spalletta et al. 2015b) hanno evidenziato la possibilità di emersioni ripetute nel tempo, con la conseguente formazione di strutture carsiche. Ricercando questo tipo di morfologie, si è individuata una possibile superficie paleocarsica con incrostazioni di minerale al contatto tra il calcare ed il materiale di riempimento. Altri piccoli affioramenti si possono individuare seguendo lo strapiombo del Monte Avostanis, senza però che questi interessino particolari strutture paleocarsiche.

Fig. 3 - La Creta di Timau.
- *The Creta di Timau.*

I minerali

Tutta l'area sovrastante il Lago Avostanis, e anche quella sottostante dove è presente la cava di marmo attualmente ancora attiva, vicina alla Casera Pramosio Bassa, sono ricche di tetraedrite ed azzurrite, al punto che la roccia blu ("blaustein") attirava l'attenzione di molti minatori fin dal Medioevo e - come riportato precedentemente - furono scavate numerose gallerie, in seguito trasformate in rifugi o depositi durante la Prima Guerra Mondiale.

La nostra prima ricerca sistematica di minerali nella pietraia sottostante la Creta di Timau, è stata effettuata nell'estate del 2013 ed ha portato al riconoscimento di

Fig. 4 - La ricerca di minerali nella pietraia ai piedi della Creta di Timau.
- *Looking for minerals in the stony ground at the foot of Creta di Timau.*

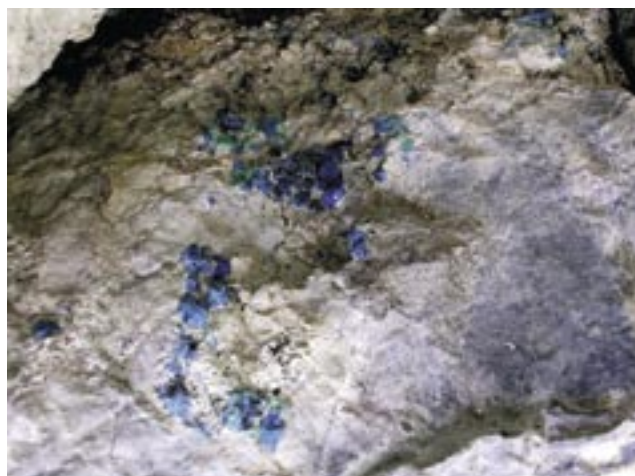



Fig. 5 - Estese spalmature di azzurrite ("blaustein") nelle rocce di Cima Avostanis.
- *Extended coatings of azurite ("blaustein") in the rocks of Cima Avostanis.*

oltre 30 specie, alcune di facile diagnosi microscopica e altre da identificare con certezza mediante analisi strumentali. Nell'anno seguente siamo ritornati ancora una volta nella località e la fortuna ci ha fatto trovare due nuovi massi estesamente mineralizzati, di circa 25x20 cm, non individuati nella precedente escursione (fig. 5). Il fatto che il materiale provenisse - con buona probabilità - da frammenti di roccia staccatisi dalla parete, fa sì che i campioni mineralizzati non siano di facile reperimento, dato anche il fatto che probabilmente, nel corso di vari anni, gli escursionisti hanno raccolto i pezzi esteticamente più evidenti, costituiti in prevalenza da azzurrite. Risalendo il sentiero, che porta alla Cima Avostanis, dietro la Creta di Timau, si può osservare che un'enorme fetta di roccia è in parte staccata dalla parete e corrisponde alla parte centrale della "Creta", a forma di rombo verticale.

Il nuovo ritrovamento ci ha consentito di incrementare le conoscenze relative ai campioni in nostro possesso e di aumentare ulteriormente il numero delle specie presenti, da cui la decisione di scrivere un articolo per descrivere l'interessante varietà mineralogica del sito, in passato appena accennata nelle precedenti pubblicazioni.

Quasi sempre i campioni risentono della lunga esposizione agli agenti atmosferici e pertanto è necessario rompere i pezzi, per recuperare materiale fresco ed eventuali specie cristallizzate.

I minerali più comuni non sono stati analizzati, ma riconosciuti visivamente o tramite prova microchimica. Per altre specie si è invece resa necessaria l'analisi chimica e, a tale scopo, è stata stipulata una convenzione tra il Museo Friulano di Storia Naturale di Udine e l'Università di Torino, dove sono stati inviati 32 campioni.

Le determinazioni analitiche sono state effettuate presso il Laboratorio del Dipartimento di Scienze della Terra, da parte del dr. Emanuele Costa. A parte qualche iniziale tentativo con strumentazione microRaman, tutte le analisi sono state eseguite a mezzo microsonda elettronica a dispersione di energia (EDS) Oxford Inca Energy 200 EDS, dotata di detector PentaFET (SATW). L'utilizzo solo di questa metodica e la particolare commistione dei minerali non ha consentito, tuttavia, di giungere sempre ad una diagnosi certa, per cui queste specie saranno riportate in corsivo nella descrizione che segue. I campioni analizzati e le foto sono di Giorgio Bortolozzi.

Anglesite [$PbSO_4$ - figg. 7 e 31]

Abbastanza diffusa. Si presenta prevalentemente sotto forma di tavolette biancastre malformate, con dimensioni da qualche decimo a 2-3 mm, spesso confluenti tra loro; a volte si osservano piccoli cristalli prismatici lanceolati limpidi sub millimetrici, spesso abbondanti. Molto rari i tipici cristalli bianco opaco piramidali, presenti in qualche piccolo geode. Si associa ad azzurrite, malachite, linarite. Diagnosi microscopica e microchimica.

Arsenopirite [Arsenopyrite; FeAsS - fig. 9]

Riscontrata in rari campioni, sotto forma di cristalli grigio metallici prismatico-aciculari, disposti tipicamente a croce. Diagnosi microscopica.

Auricalcite [*Aurichalcite*; $(Zn,Cu)_5 (CO_3)_2 (OH)_6$]

Rare patine microcristalline azzurro chiaro o bianco, associate ad emimorfite. Non analizzata.

Azzurrite [Azurite; $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$ - figg. 5, 10, 25, 37, 40, 42, 43, 45, 53 e 55]

Abbondante, rappresenta il minerale macroscopicamente più evidente. È presente sia in spalmature azzurro chiaro che in cristalli ben definiti, seppure abbastanza piccoli, a volte riuniti in gruppetti estetici, in associazione soprattutto con malachite. Non analizzata.

Barite [$BaSO_4$ - fig. 11]

Abbondante come minerale di ganga, si può osservare raramente sotto forma di piccoli cristalli tabulari a sciame o isolati, bianco brillante, quasi trasparenti, di dimensioni inferiori al mm. Non analizzata.

Beaverite-(Cu) [$Pb(FeCu^{2+})(SO_4)_2(OH)_6$ - fig. 12]

Si tratta del quinto ritrovamento in territorio italiano e il secondo nel Nord-Est. Questo solfato, poco comune, si presenta in croste giallastre microcristalline. Analisi EDS.

Beudantite [$PbFe^{3+}{}_3(As_{0,5}S_{0,5}O_4)(OH)_6$ - figg. 13 e 44]

Abbastanza rara in cristalli evidenti, più spesso sotto forma di incrostazioni giallastre microcristalline. Il riconoscimento, tramite analisi EDS, è avvenuto tramite un cristallo rossastro, associato ad altri di colore giallo vitreo.

Brochantite [$Cu_4(SO_4)(OH)_6$ - figg. 14 e 43]

Non rara, in aggregati micro-mammellonari di piccoli cristalli verde scuro brillante, associata ad azzurrite, malachite e linarite. Riconoscimento visivo e microchimico.

Calcite [$CaCo_3$]

Minerale di ganga, non cristallizzata. Osservata raramente in croste superficiali bianche (analisi EDS).

Calcopirite [Chalcopyrite; $CuFeS_2$ - fig. 15]

Abbastanza comune, male cristallizzata, associata ad altri minerali secondari. Non analizzata.

Camerolaite [$Cu_4Al_2[HSbO_4,SO_4](OH)_{10}(CO_3)\cdot 2(H_2O)$ - figg. 16 e 17]

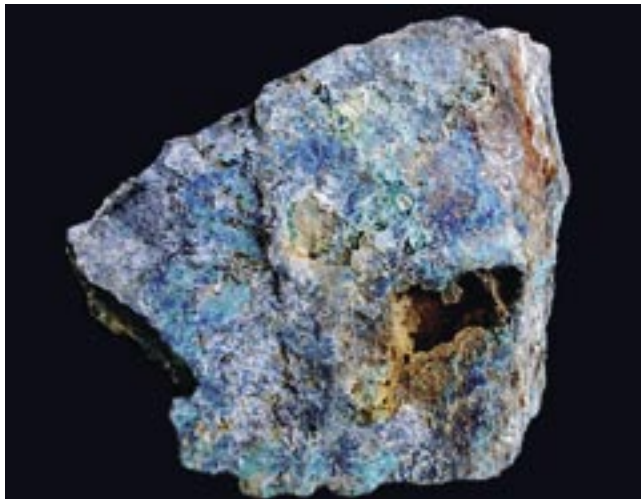



Fig. 6 - Misto di solfati, carbonati e arseniati (0,8x). Parte di uno dei due blocchi ritrovati nel settembre 2014.
- *A mix of sulphate, carbonates and arsenates (0.8x). Part of one of the two blocks found in September 2014.*

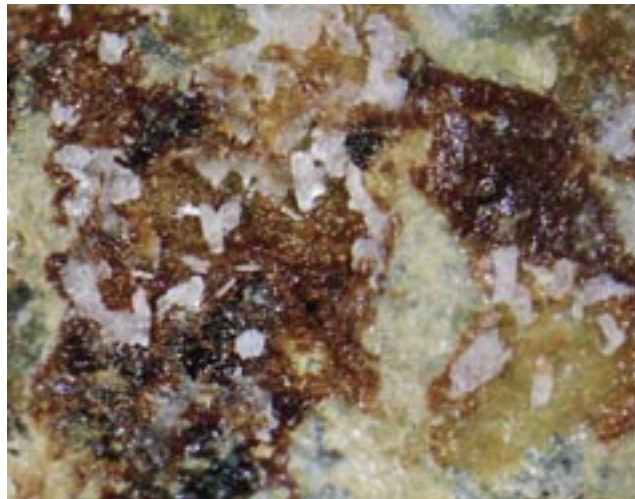



Fig. 7 - Anglesite (28x).
- *Anglestite (28x).*

Fig. 8 - Tavolozza di colori, con arseniati, carbonati e solfati (10x).
- *Color palette, with arsenates, carbonates and sulphates (10x).*

Fig. 9 - Arsenopirite (34x).
- *Arsenopyrite (34x).*

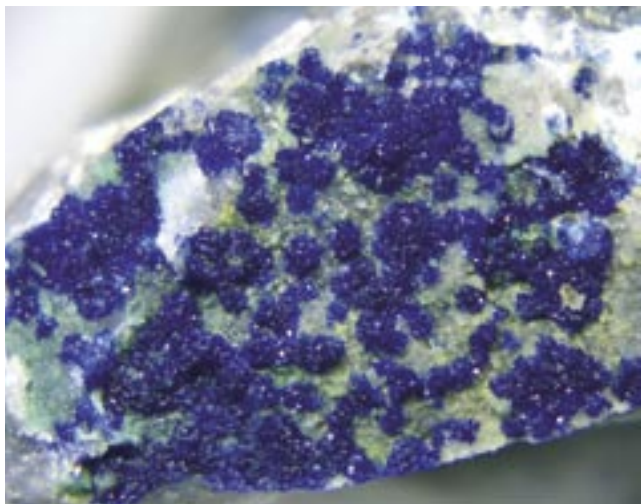



Fig. 10 - Azzurrite e zincolivenite (40x).
- *Azurite and zincolivenite (40x).*

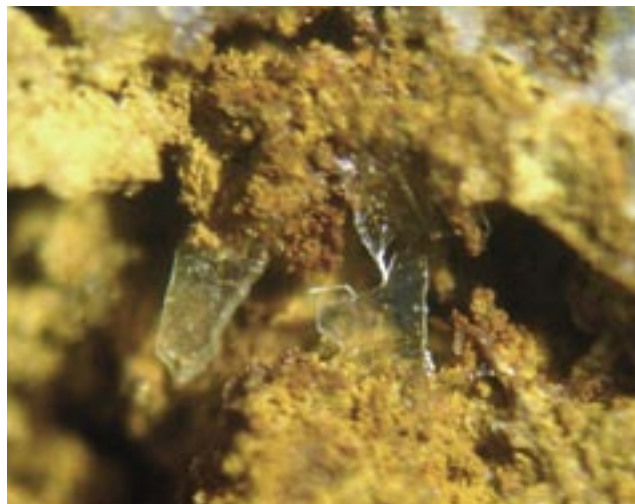



Fig. 11 - Barite (43x).
- *Barite (43x).*

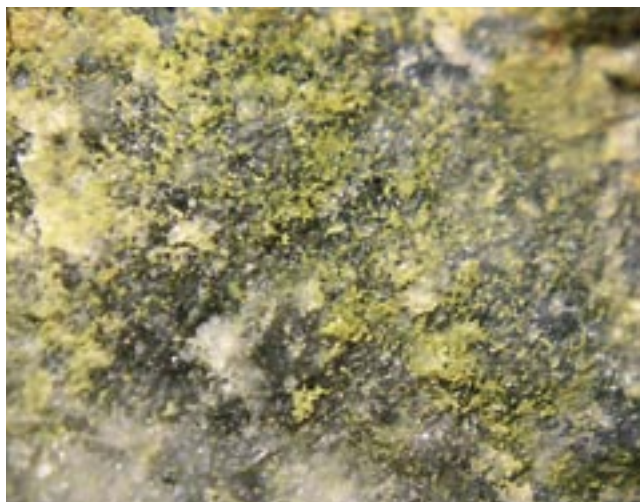



Fig. 12 - Beaverite-(Cu) (22x).
- *Cu-Beaverite (22x).*

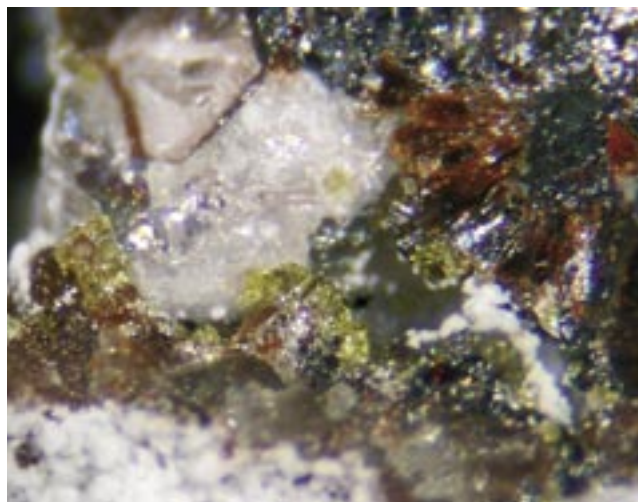



Fig. 13 - Beudantite rossa e gialla (34x).
- *Red and yellow Beudantite (34x).*

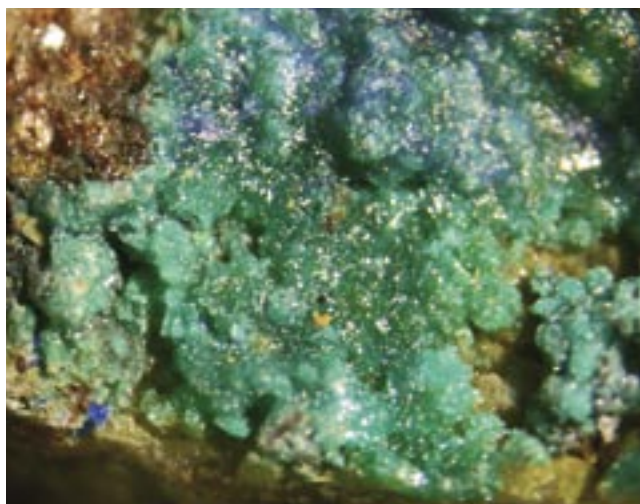



Fig. 14 - Brochantite (16x).
- *Brochantite (16x).*

Fig. 15 - Calcopirite (16x).
- *Chalcopyrite (16x).*

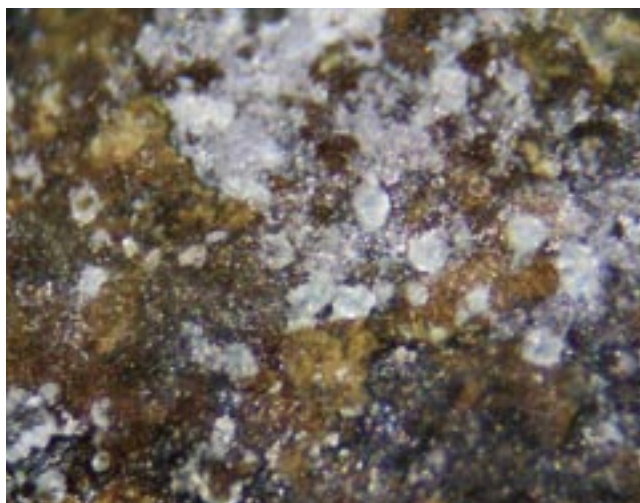



Fig. 16 - Camerolaite (48x).
- *Camerolaite (48x).*

Fig. 17 - Camerolaite (24x).
- *Camerolaite (24x).*

Fig. 18 - Carbone (20x).
- *Coal (20x).*

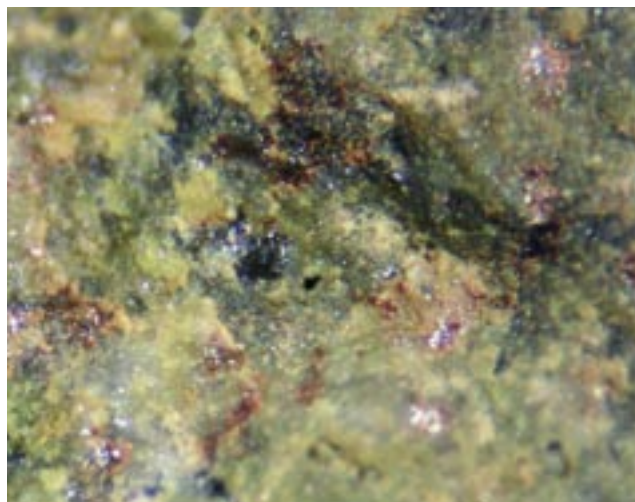



Fig. 19 - Carminite (35x).
- *Carminite (35x).*

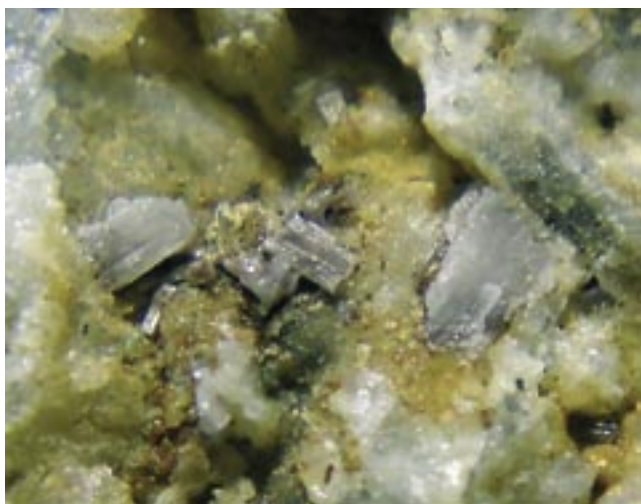



Fig. 20 - Cerussite (16x).
- *Cerussite (16x).*

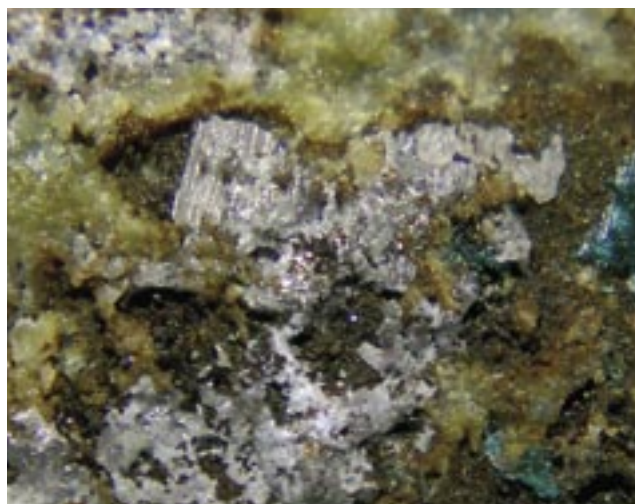



Fig. 21 - Cerussite e malachite (17x).
- *Cerussite and malachite (17x).*

Rara: si tratta del secondo ritrovamento italiano, dopo quello della vicina miniera di Monte Avanza. Si presenta sotto forma di minuti cristalli pseudomicacei celeste chiaro, talvolta disposti a formare aggregati tondeggianti (analisi EDS).

Carbone [Coal - fig. 18]
Si presenta sotto forma di diffuse inclusioni nere opache o brillanti, non cristallizzate, di varie dimensioni. L'analisi EDS dimostra la presenza di C e O, con appena qualche traccia di Ca, Cu e S, senza poter definirne la varietà.

Carminite [$PbFe^{3+}2(AsO_4)_2(OH)_2$ - figg. 19 e 48]
Abbastanza rara, frammista ad arseniati e antimoniati, mai in cristalli evidenti, ma sotto forma di inclusioni rosso vivo, disperse nella matrice o in piccoli ammassi rosso scuro. Analisi EDS.

Celadonite [$K(Mg,Fe^{2+})(Fe^{3+},Al)[Si_4O_{10}](OH)_2$]
Rare inclusioni verde scuro in goethite. Non analizzata.

Cerussite [$PbCO_3$ - figg. 20 e 21]
Relativamente comune, in cristalli alterati biancastri tabulari o allungati o in minuscoli cristalli sparsi sulla matrice, associata a malachite, azzurrite e anglesite. Diagnosi microscopica e microchimica.

Cinabro [Cinnabar; HgS - figg. 22 e 23]
L'analisi EDS ha dimostrato la sua rara presenza in piccole inclusioni rosso vivo, che spesso rivestono piccoli geodi.

Crisocolla [Chrysocolla; $(Cu,Al)_2H_2Si_2O_5(OH)_4*n(H_2O)$ - fig. 24]
Non rara, si presenta in croste azzurro intenso o verde

Fig. 22 - Cinabro (400x).
- *Cinnabar (400x).*

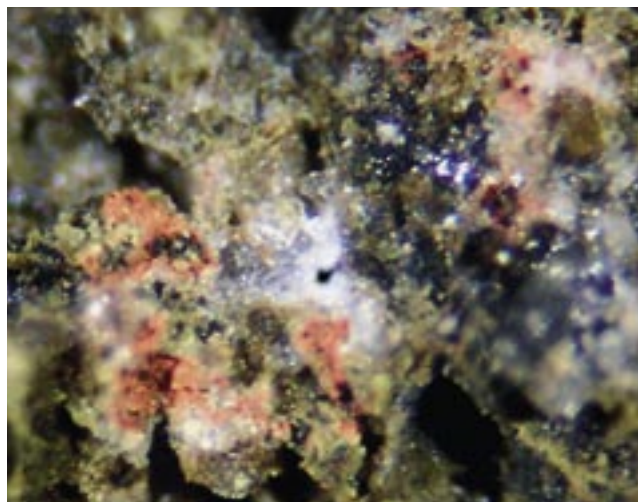



Fig. 23 - Cinabro (55x).
- *Cinnabar (55x).*

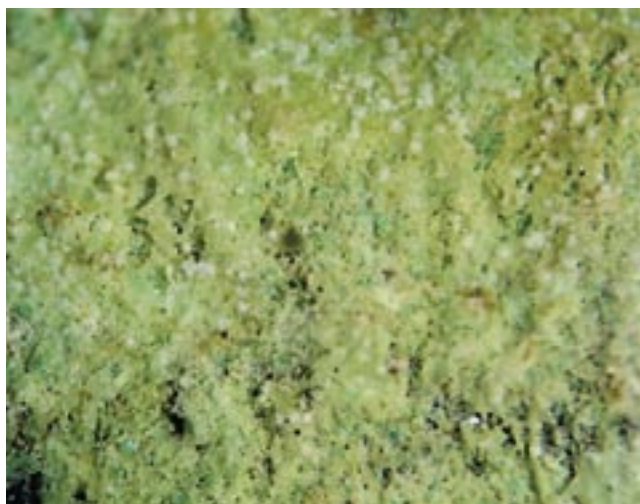



Fig. 24 - Crisocolla giallastra (20x).
- *Yellowish chrysocolla (20x).*

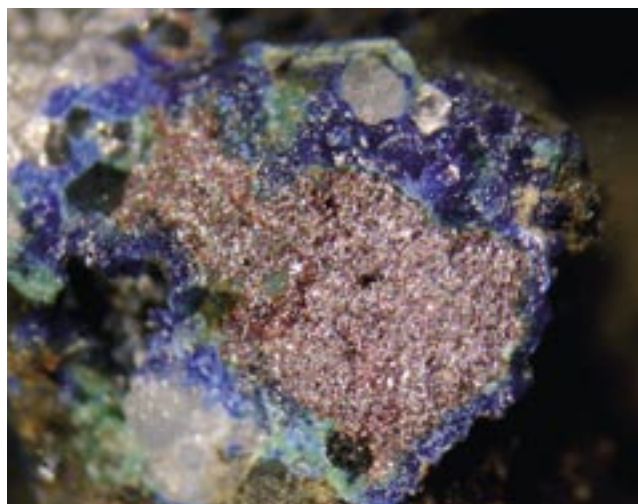



Fig. 25 - Cuprite in azzurrite (10x).
- *Cuprite in azurite (10x).*

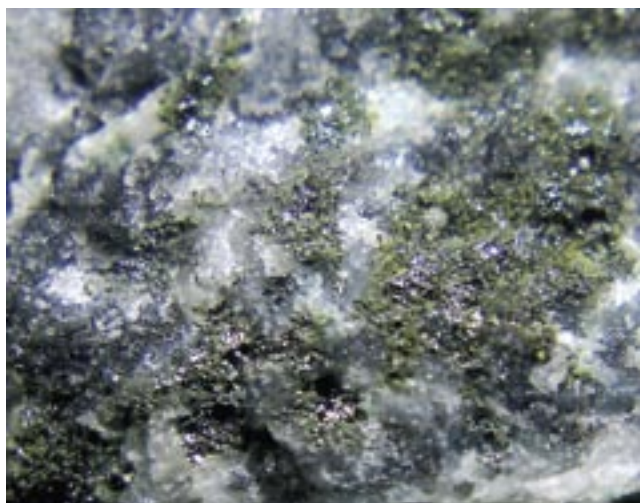



Fig. 26 - Cuproroméite e tetraedrite su quarzo (17x).
- *Cuproroméite and tetrahedrite on quartz (17x).*

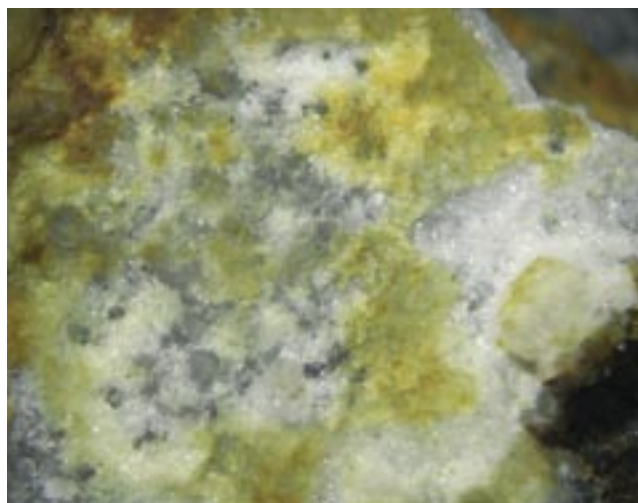



Fig. 27 - Dickite (20x).
- *Dickite (20x).*

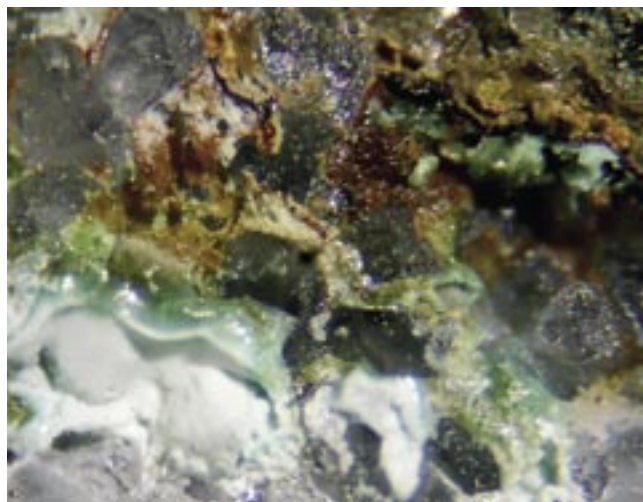



Fig. 28 - Duftite (verde) e mimetite (bianca) (28x).
- *Duftite (green) and mimetite (white) (28x).*

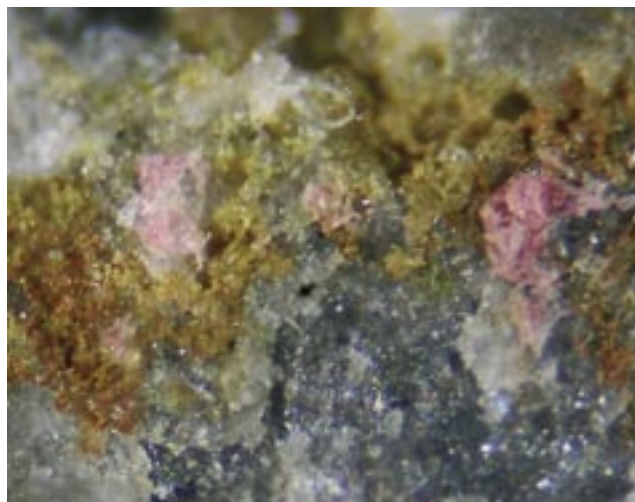



Fig. 29 - Eritrite (34x).
- *Erythrite (34x).*

azzurro, ma anche con aspetto granulare giallo-verdastro (analisi EDS).

Cuprite [Cu_2O - fig. 25]
Abbastanza rara. Si presenta in noduli rosso scuro microcristallini, associata ad azzurrite. Diagnosi microscopica.

Cuproroméite [$Cu_2Sb_2(O,OH)_7$ - figg. 26 e 51]
Abbastanza diffusa, come alterazione della tetraedrite, in croste verdastre, di varia tonalità (analisi EDS).

Dickite [$Al_2Si_2O_5(OH)_4$ - fig. 27]
L'analisi EDS, che riporta la presenza di Al, Si e O, non fornisce la certezza assoluta che si tratti di questa specie, in alternativa a caolinite o nacrite. Tuttavia, l'aspetto micaceo al microscopio, simile a quello di altre località del Nord-Est, depone a favore di questa ipotesi. Si associa a pirite e quarzo.

Duftite [$PbCu(AsO_4)(OH)$ - figg. 28 e 39]
Associata ad olivenite, nell'analisi EDS è stata ipotizzata la presenza di questa specie, il cui aspetto al microscopio, color verde mela, è molto simile a quello della duftite analizzata nella vicina miniera di Monte Avanza (Bortolozzi et al. 2015). Tipica può essere considerata l'associazione con la mimetite, come a Comeglians.

Emimorfite [Hemimorphite; $4Si_2O_7(OH)_2{\star}(H_2O)$]
La sua presenza è stata accertata in un unico campione, in tipici cristalli tabulari raggiati sub millimetrici bianco-giallastri, in associazione con probabile auricalcite, azzurrite, malachite e zolfo. Diagnosi microscopica

Eritrite [Erythrite; $Co_3(AsO_4)_2{\star}8(H_2O)$ - fig. 29]
Anche questa specie è stata trovata in un unico campione, in masserelle rosa intenso, associata a fluorite e beaverite-(Cu). Diagnosi microscopica.

Fluorite [CaF_2]
Poco comune, si presenta sotto forma di cristalli dai contorni arrotondati biancastri vitrei, associata a beaverite-(Cu). Diagnosi microscopica.

Galena [PbS]
Relativamente rara, male cristallizzata, associata a calcopirite. Non analizzata.

Gesso [Gypsum; $CaSO_4{\star}2(H_2O)$ - fig. 30]
Rinvenuto in rari cristalli aciculari o prismatici submillimetrici, in parte ricoperti da goethite. Diagnosi microscopica.

Goethite [$Fe^{3+}O(OH)$ - figg. 30 e 31]
Si presenta sotto forma di croste mammellonari rosso cupo-nerastre o in piccole sferule lisce o costituite da piccoli cristalli aciculari bruno marron, associata a gesso, azzurrite, jarosite e malachite. Non analizzata.

Jarosite [$KFe^{3+}_3(SO_4)_2(OH)_6$ - fig. 32]
Abbastanza rara, sotto forma di croste giallo-brunastre microcristalline granulari. Analisi EDS.

Langite [$Cu_4(SO_4)(OH)_6{\star}2(H_2O)$ - figg. 33 e 34]
Rara. Si presenta in croste azzurro cielo o in tipici cristalli aciculari, associata a malachite e crisocolla. L'analisi EDS non la conferma in modo assoluto, ma l'aspetto al microscopio, simile a quello di Monte Avanza e Comeglians, ne autorizza la diagnosi.

Limonite [$FeO(OH){\star}nH_2O$]
Comune, la si ritrova frammista ad altre specie secondarie.

Fig. 30 - Gesso su goethite (20x).
- Gypsum on goethite (20x).

Fig. 31 - Goethite, anglesite e malachite (15x).
- Goethite, anglesite and malachite (15x).

Fig. 32 - Jarosite (25x).
- Jarosite (25x).

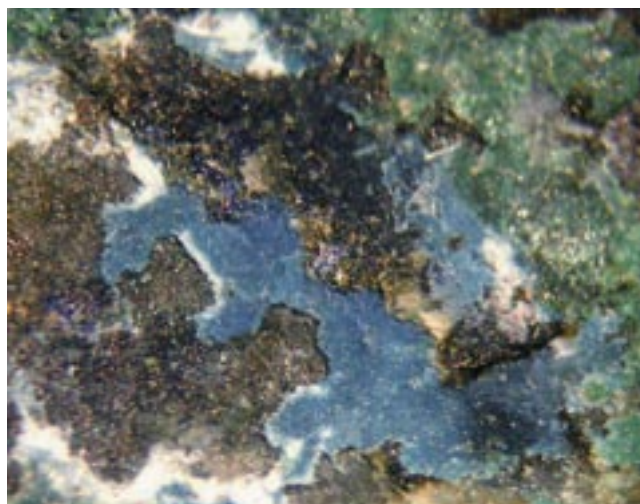



Fig. 33 - Langite (20x).
- Langite (20x).

Fig. 34 - Langite e malachite (20x).
- Langite and malachite (20x).

Fig. 35 - Linarite (4x).
- Linarite (4x).

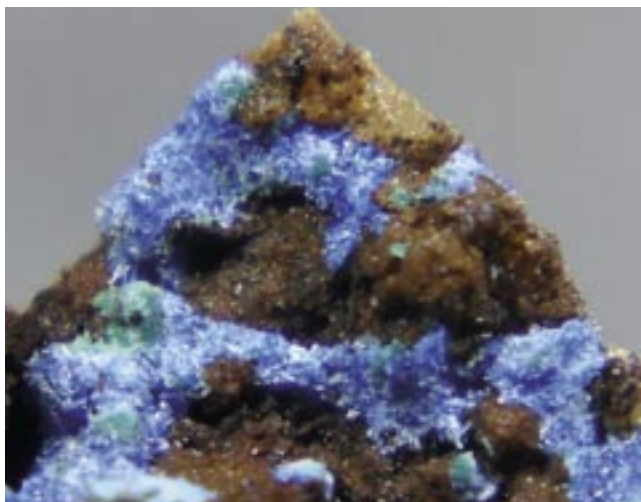



Fig. 36 - Linarite (15x).
- *Linarite (15x).*

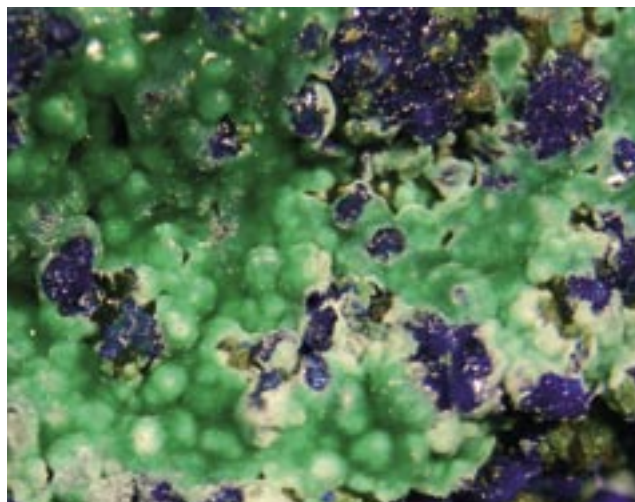



Fig. 37 - Malachite e azzurrite (20x).
- *Malachite and azurite (20x).*

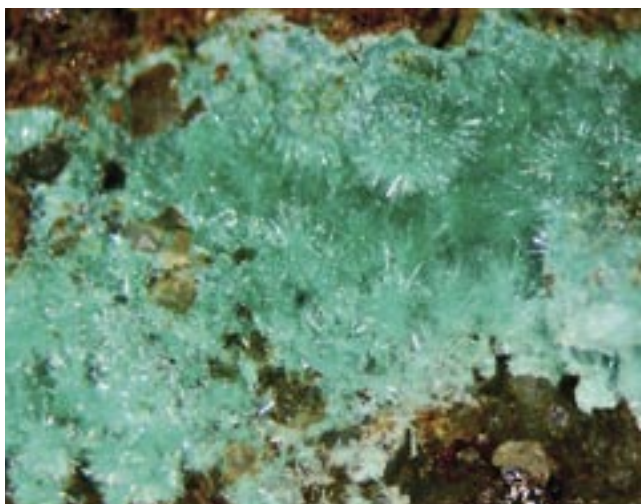



Fig. 38 - Malachite (28x).
- *Malachite (28x).*

Fig. 39 - Mimetite (bianca) con duftite (verde) (34x).
- *Mimetite (white) with duftite (green) (34x).*

Fig. 40 - Mimetite e azzurrite (20x).
- *Mimetite and azurite (20x).*

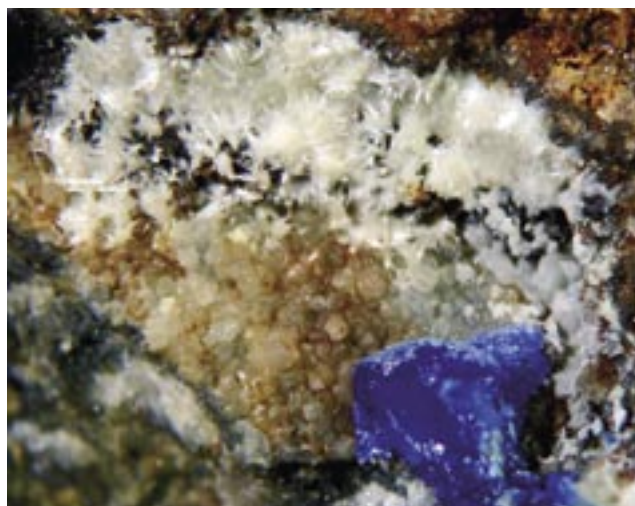



Fig. 41 - Mimetite e linarite (34x).
- *Mimetite and linarite (34x).*

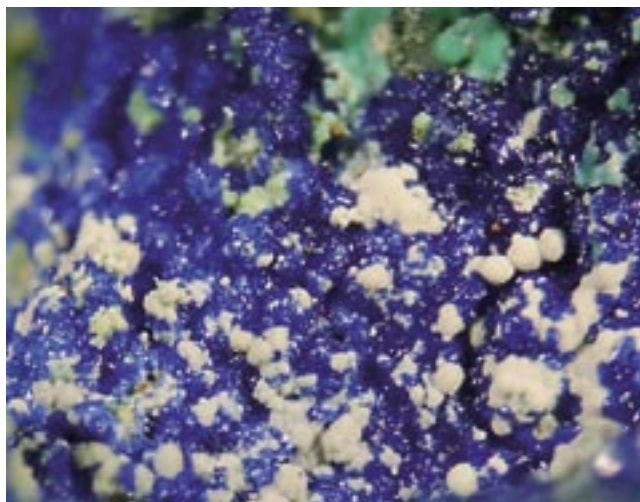



Fig. 42 - Mimetite criptocristallina su azzurrite (40x).
- *Cryptocrystalline mimetite on azurite (40x).*

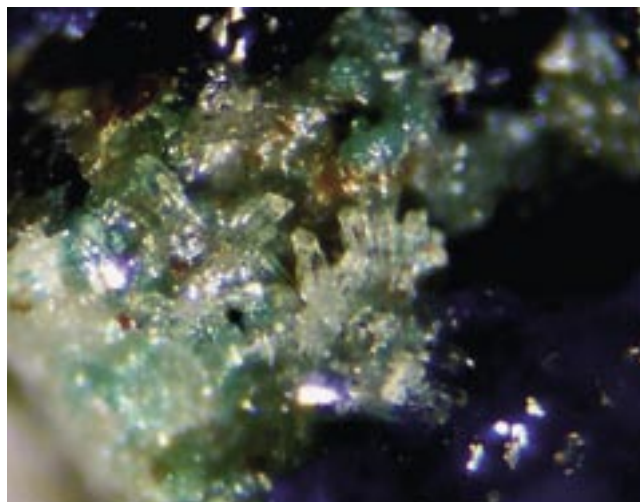



Fig. 43 - Olivenite con brochantite e azzurrite (40x)
- *Olivenite with brochantite and azurite (40x).*

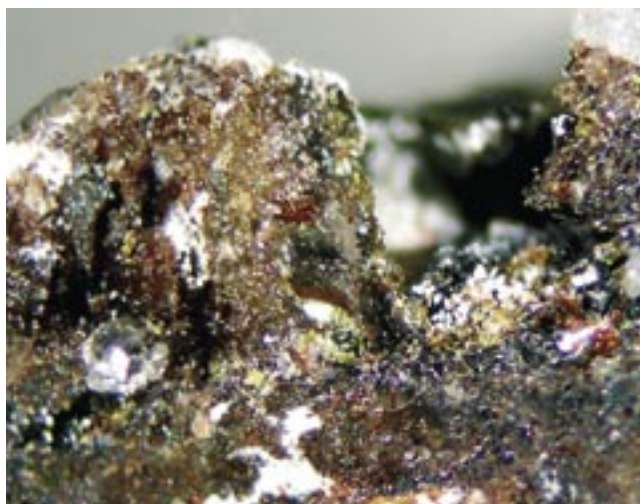



Fig. 44 - Plumbojarosite (marron) con beudantite rossa e gialla e mimetite bianca (15x).
- *Plumbojarosite (brown) with beudantite red and yellow and white mimetite (15x).*

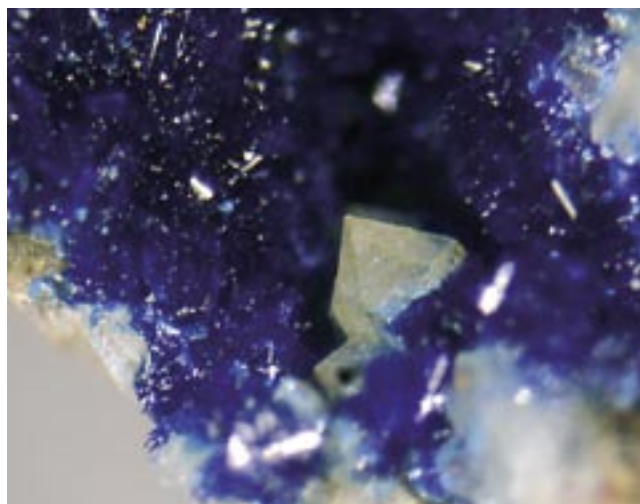



Fig. 45 - Quarzo in azzurrite (40x)
- *Quartz in azurite (40x).*

Linarite [$PbCu(SO_4)(OH)_2$ - figg. 35, 36 e 41]
Relativamente comune. Si presenta sotto forma di esili cristalli sub-millimetrici azzurro-blu, raggruppati tra loro, o in cristalli tabulari superiori al mm, associata a brochantite, malachite, anglesite e mimetite. Diagnosi visiva e microchimica.

Malachite [$Cu_2(CO_3)(OH)_2$ - figg. 21, 31, 34, 37 e 38]
Dopo l'azzurrite, la malachite è il minerale secondario più abbondante, sia in cristalli aciculari che in piccole sferule verde mela, in associazione con varie specie.

Manganese ossidi [Manganese oxides; Mn_3O_4]
Abbastanza diffusi, spesso misti ad altre specie secondarie. L'analisi EDS non consente di effettuare una diagnosi precisa.

Mimetite [$Pb_5(AsO_4)_3Cl$ - figg. 28, 39, 40, 41, 42 e 44]
Abbastanza diffusa, con vario aspetto, il più delle volte in tipici cristalli aciculari sub-millimetrici, bianchi, gialli o giallo-verdastri, a volte riuniti in ciuffetti microscopicamente estetici. In particolare, l'analisi EDS ne ha dimostrato la presenza sotto forma di croste bianche, apparentemente amorfe, o in piccole sferule bianche "cripto cristalline". Si associa ad azzurrite, malachite, linarite, duftite.

Olivenite [$Cu_2AsO_4(OH)$ - fig. 43]
L'analisi EDS ne sospetta la presenza, sia pure con varia impurità, in un campione con associata la duftite.

Pirite [Pyrite; FeS_2]
Più rara della calcopirite, quasi sempre alterata, si presenta sotto forma di piccoli cristalli dispersi nella

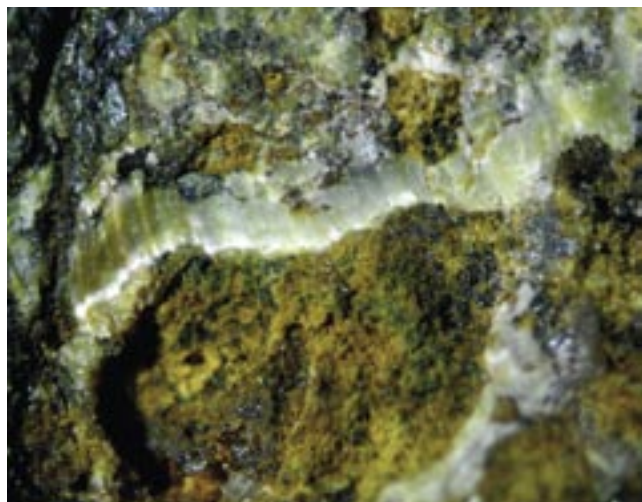



Fig. 46 - Quarzo fibroso (24x).
- *Fibrous quartz (24x).*

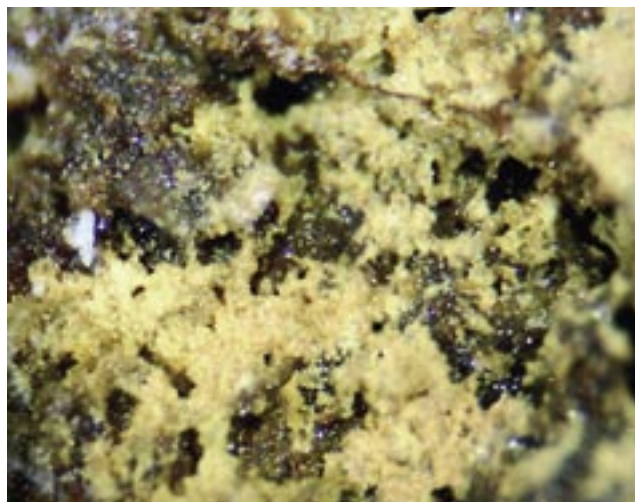



Fig. 47 - Scorodite bruno-marron (40x).
- *Reddish-brown scorodite (40x).*

Fig. 48 - Segnitite con carminite (30x).
- *Segnitite with carminite (30x).*

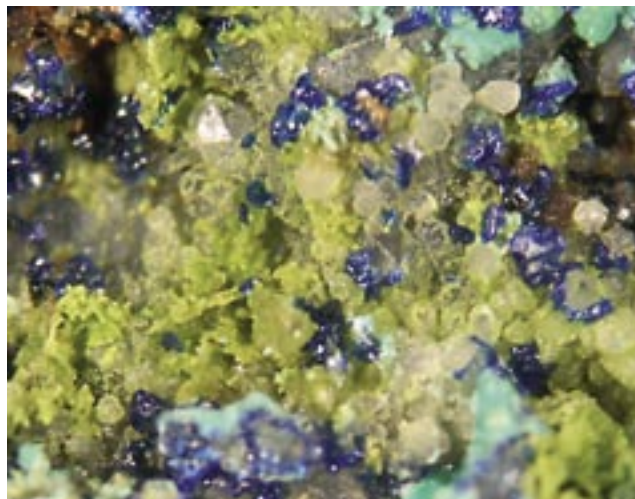



Fig. 49 - Segnitite verde-giallastra (34x).
- *Yellowish-green segnitite (34x).*

Fig. 50 - Sfalerite (24x).
- *Sphalerite (24x).*

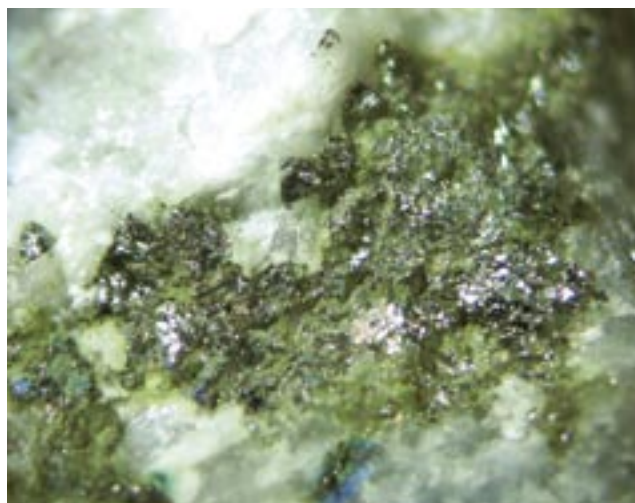



Fig. 51 - Tetraedrite con cuproroméite (20x).
- *Tetrahedrite with cuproroméite (20x).*

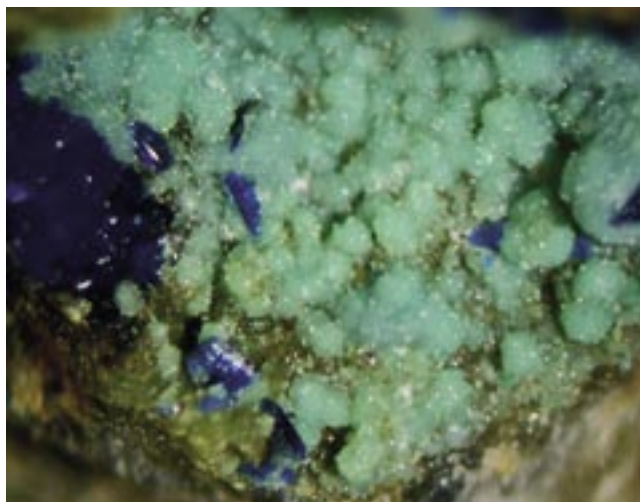



Fig. 52 - Zincolivenite (34x).
- *Zincolivenite (34x).*

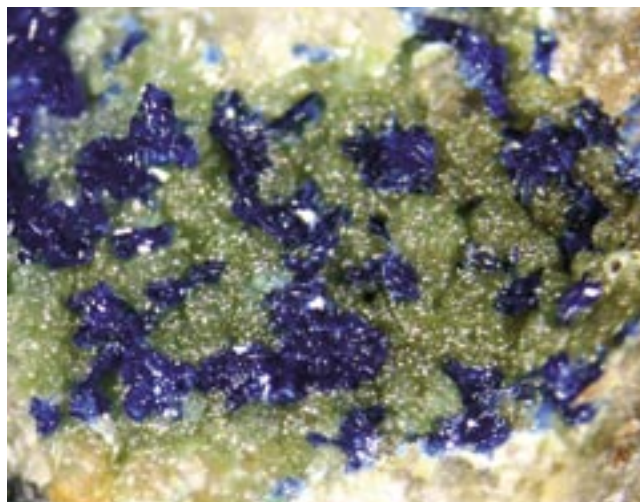



Fig. 53 - Zincolivenite e azzurrite (34x).
- *Zincolivenite and azurite (34x).*

Fig. 54 - Zincolivenite (24x).
- *Zincolivenite (24x).*

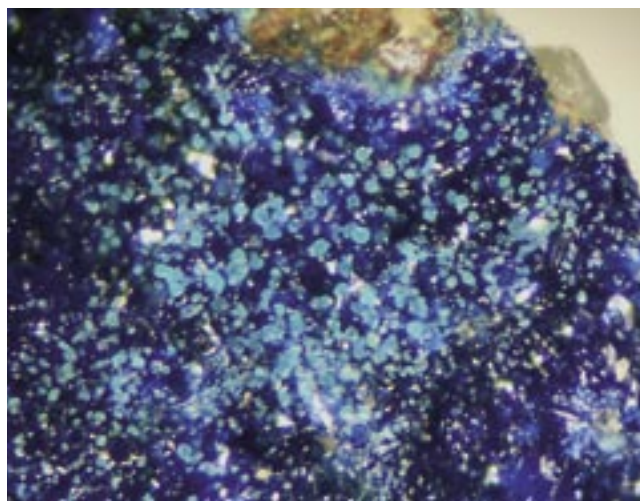



Fig. 55 - UK1: probabile wroewolfeite o langite su azzurrite (50x).
- *UK1: probable wroewolfeite or langite on azurite (50x).*

matrice o in cristalli prismatici di 2-3 mm. Non analizzata.

Plumbojarosite [$Pb_{0,5}Fe_3(SO_4)_2(OH)_6$ - fig. 44]
Se ne sospetta la rara presenza, frammista a beudantite, in cristallini marrone scuro. Analisi EDS.

Quarzo [Quartz; SiO_2 - fig. 26, 45 e 46]
Diffuso, quasi sempre in piccoli cristalli millimetrici opachi, spesso all'interno di piccoli geodi.
Particolarmente interessanti alcuni aspetti di tipo fibroso, in forma di vene incluse nella matrice, in cui l'EDS ha dimostrato la presenza di soli Si e O, per cui conferma trattarsi di una forma di silice, probabilmente idrata.

Scorodite [$Fe^{3+}AsO_4*2(H_2O)$ - fig. 47]
Rara, si presenta in cristallini bruno-rossiccio o bruno-giallastro, associata a probabile beaverite-(Cu) giallastra. L'analisi EDS presume che si tratti di scorodite molto impura, data la frammistione con altre specie nel campione analizzato.

Segnitite [$PbFe_3(AsO_{3,5}(OH_{0,5})_2(OH)_6$ - figg. 48 e 49]
Rara, si trova in piccoli cristalli giallastri, associata a carminite e ad altre fasi, comunque impura (analisi EDS).

Sfalerite [Sphalerite; (Zn,Fe)S - fig. 50]
Relativamente comune, inglobata nella matrice o in cristallini submillimetrici rotondeggianti malformati, di colore bruno-giallastri o rossastri. Non analizzata.

Tetraedrite [Tetrahedrite; Cu_3SbS_3 - figg. 26 e 51]
Molto diffusa, quasi sempre alterata, raramente cri-

stallizzata, di colore grigio-nerastro, spesso trasformata in probabile cuproroméite verde. Non analizzata.

Zincolivenite [$CuZn(AsO_4)(OH)$ - figg. 10, 52, 53 e 54]
Si tratta del secondo ritrovamento italiano, dopo quello di Rio Ricet in Valsugana (Gasparetto et al. 2014). Non rara, si presenta in piccole sferule submillimetriche, verde mela o verde scuro, associata prevalentemente ad azzurrite. Analisi EDS.

Zolfo [Sulphur; S]
Rarissimi cristalli giallo pallido, nel campione con emimorfite. Diagnosi microscopica.

UK1 [fig. 55]
Cristallini rotondeggianti azzurro chiaro su azzurrite. L'analisi EDS depone per un solfato di Cu, tipo langite o wroewolfeite.

Oltre alle specie riconosciute o dubbie, l'analisi EDS, in alcuni casi, ha potuto constatare soltanto la presenza di arseniati di Cu, ossidi misti o solfati misti di Fe e Cu.

Conclusioni

La paragenesi si può in parte assimilare a quella di altre più ricche località friulane come Monte Avanza (Bortolozzi et al. 2015; Ciriotti et al. 2006) e Comeglians (Ciriotti et al. 2006), per le quali, da alcuni anni, sono in corso studi approfonditi.

La presenza di abbondante tetraedrite, come avviene nelle due località precedenti, porta a tutta una serie di minerali secondari, in particolare antimoniati e arseniati - oltre a vari carbonati e solfati - riconoscibili in parte già al microscopio.

Per la prima volta è stata effettuata una ricostruzione dettagliata della paragenesi dei minerali presenti in questa parte della successione delle Alpi Carniche. Questa paragenesi di per sé non permette automaticamente di dedurre il contesto geologico e distinguere fra le ipotesi di formazione presentate in letteratura, cioè un contesto di paleocarsismo o di tettonica sinsedimentaria.

Sebbene forme e strutture paleocarsiche come quelle descritte potrebbero essere imputate anche a carsismo sottomarino (Paolo Forti, com. pers.), la cui azione è stata riconosciuta negli ultimi decenni come possibile causa di strutture carsiche in carbonati, l'area esaminata è però caratterizzata non solo dalla presenza di strutture paleocarsiche ma anche da una marcata lacuna stratigrafica per erosione.

Questo lavoro rappresenta, comunque, una base di partenza di un progetto più ampio, volto a individuare e localizzare le specie minerali nel loro contesto geologico e stratigrafico alla scala regionale.

La ricostruzione delle geometrie deposizionali, del contesto stratigrafico oltre che delle paragenesi alla scala dell'intera catena rappresenta, infatti, l'unico strumento per inferire il processo di formazione di questi minerali.

Manoscritto pervenuto il 16.VI.2016 e approvato il 22.VII.2016.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Servizio UK dell'Associazione Micromineralogica Italiana (AMI) cha ha cortesemente effettuato le analisi della camerolaite, della cuproroméite e del campione UK1.

Le altre determinazioni analitiche, finanziate dal Museo Friulano di Storia Naturale di Udine, sono state effettuate presso il Laboratorio del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino.

Bibliografia

Bortolozzi, G., M.E. Ciriotti, E. Bittarello & S. Möckel. 2015. Monte Avanza, Forni Avoltri, Carnia (Udine, Friuli-Venezia Giulia): conferme e nuovi ritrovamenti. *Micro* 1-2015: 2-39.

Brigo, L., & D. Di Colbertaldo. 1972. Un nuovo orizzonte metallifero nel Paleozoico delle Alpi Orientali. *Proc. 2nd Intern. Symp. on the Mineral Deposits of the Alps, Ljubljana*: 109-24.

Brime, C., M.C. Perri, M. Pondrelli, C. Spalletta & C. Venturini. 2008. Polyphase metamorphism in the eastern Carnic Alps (N-Italy, S-Austria): Clay minerals and conodont Colour Alteration Index evidence. *Int. J. Earth Sci.* 97 (6): 1213-29.

Ciriotti, M.E., S. Möckel, G. Blass & G. Bortolozzi. 2006. Cualstibite: ritrovamenti italiani. *Micro (UK report)* 1/2006: 19-24.

Coppadoro, A. 1902. Su le antiche miniere di Timau. *In Alto. Cronaca bimestrale della Società Alpina Friulana* 5: 51-3.

Corradini, C., & T.J. Suttner, cur. 2015. The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy). *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt* 69: 1-158.

Cucchi, F., F. Finocchiaro & G. Muscio, cur. 2009. *Geositi del Friuli Venezia Giulia*, 42-43. Udine: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

Di Colbertaldo, D., & G.B. Feruglio. 1964. Le manifestazioni metallifere di Comeglians nella media Val Degano (Alpi Carniche). *Atti della Società Italiana di Scienze naturali e del Museo Civico di Storia Naturale in Milano* 103 (2): 165-96.

Dondi, M., A. Palenzona & G. Puggioli. 1995. La miniera di Monte Avanza, Forni Avoltri (Udine). *Rivista Mineralogica Italiana* 2: 125-36.

Girardi, G. 1841. *Storia fisica del Friuli*. San Vito al Tagl.: tip. Pascatti, 3 voll.

Gasparetto, P., E. Bittarello, A. Canal, L. Casagrande, M.E. Ciriotti, B. Fassina, P. Ferretti, S. Pegoraro, F. Tosato & P. Zammatteo. 2014. I lavori minerari del Rio Ricet, Vignola, Falesina, Trento. *Micro* 12-2004: 50-123.

Feruglio, G.B. 1966. Il giacimento cuprifero del monte Avanza in Carnia. *Atti I Simp. Int. Giacimenti Minerari delle Alpi, Trento* 4: 97-118.

Perri, M., & C. Spalletta. 1998. Updating of the conodont biostratigraphy in the Carnic Alps (Italy). *Proceedings Southern Apls Field Trip Guidebook. Seventh International Conodont Symposium held in Europe. Giorn. Geol.* 60 (Sp. Issue): 116-9.

Pondrelli, M., C. Corradini, M.G. Corriga, E. Kido, L. Simonetto, C. Spalletta, T.J. Suttner & N. Carta. 2015. Depositional evolution of a lower Paleozoic portion of the Southalpine domain: the Mt. Pizzul area (Carnic Alps, Italy). *Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch.)* 104: 147-78.

Spalletta, C., & C. Venturini. 1995. Late Devonian-Early Carboniferous synsedimentary tectonic evolution of the Palaeocarnic domain (Southern Alps, Italy). *Giornale di Geologia* 56 (2): 211-22.

Schönlaub, H.P., P. Klein, M. Magaritz, G. Rantitsch & S. Scharbert. 1991. Lower Carboniferous paleokarst in the Carnic Alps (Austria, Italy). *Facies* 25 (1): 91-117.

Spalletta, C., G.B. Vai & C. Venturini. 1980. Il flysch ercinico nella geologia dei Monti Paularo e Dimon (Alpi Carniche). *Mem. Soc. Geol. It.* 20: 143-265.

Spalletta, C., M.C. Perri, M. Pondrelli, C. Corradini, A. Mossoni & H.P. Schönlaub. 2015a. Pal Grande Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 137-40. Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 69.

Spalletta, C., H.P. Schönlaub, M. Pondrelli, C. Corradini & L. Simonetto. 2015b. Plotta Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 145-7. Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 69.

Spalletta, C., C. Venturini, H.P. Schönlaub & M. Pondrelli. 2015c. Hochwipfel Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 151-4. Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 69.

Vai, G.B. 1976. Stratigrafia e paleogeografia ercinica delle Alpi. *Mem. Soc. Geol. It.* 13 (1): 7-37.

Venturini, C. 1990. *Geologia delle Alpi Carniche centro-orientali*. Udine: Pubblicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale 36: 1-220.

Venturini, C., & C. Spalletta. 1998. Remarks on the Lower Palaeozoic stratigraphy and the Hercynian tectonics of the Palaeocarnic Chain. In *Southern Alps Field Trip Guidebook, ECOS VII*, cur. M.C. Perri & C. Spalletta, 69-88. Giornale di Geologia 60, Spec. Issue.

Zucchini, R. 1998. *Miniere e mineralizzazioni nella Provincia di Udine. Aspetti storici e mineralogici.* Udine: Pubblicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale 40: 1-148.

Zucchini, R. 2002. Mineralizzazioni e miniere nelle Alpi Orientali. *Atti del Convegno Mineralogia e Ricerca mineraria dal Quattrocento ad oggi*: 69-80.

Authors' addresses - Indirizzi degli Autori:
- Giorgio M. Bortolozzi
  via Dogali 20, I-31100 TREVISO
  e-mail: gmbortolozzi@alice.it
- Monica Pondrelli
  Università D'Annunzio
  viale Pindaro 42, I-65127 PESCARA
  e-mail: monica@irsps.unich.it
- Luigi Vidus
  viale Bernardino da Morcote 13, I-33100 UDINE
  e-mail: luigividus@alice.it

GORTANIA
Geologia, Paleontologia, Paletnologia | 37 (2015) | 33-63 | Udine, 1.XII.2016 | ISSN: 2038-0410

Graziano Cancian

I MINERALI DI GROTTA NEL FRIULI VENEZIA GIULIA

CAVE MINERALS IN FRIULI VENEZIA GIULIA

Riassunto breve - Nell'articolo vengono riportate le caratteristiche di 43 minerali di grotta finora identificati nel Friuli Venezia Giulia. Sono compresi in queste classi: ossidi e idrossidi, carbonati, solfati, fosfati, silicati. Le principali scoperte sono state effettuate a partire dal 1984, grazie soprattutto all'uso della diffrattometria a raggi X. Alcuni ritrovamenti sono stati i primi in Italia. Queste ricerche hanno dimostrato che nelle grotte sono presenti più fasi mineralogiche di quanto si ritenesse in passato. Il ritrovamento di questi minerali, pertanto, porta un utile contributo alla conoscenza del carsismo sotterraneo, poiché sono il prodotto di reazioni chimiche qui avvenute, inoltre, spesso sono stabili solo in determinate condizioni ambientali.
Parole chiave: Minerali di grotta, Friuli Venezia Giulia.

Abstract - *In this paper we displays the features of the until now identified 43 cave minerals found in Friuli-Venezia Giulia Region. They are included in these classes: oxides and hydroxides, carbonates, sulphates, phosphates, silicates. The main discoveries have been made since 1984, thanks mainly to the use of X-ray diffraction. Some findings were the first in Italy. These researches have shown that in the caves there are more mineral phases then previously believed. The discovery of these minerals, therefore, bring a useful contribution to the knowledge of the karst underground, since they are the product of chemical reactions that occurred there, moreover, they are often stable only under certain environmental conditions.*
Key words: *Cave minerals, Friuli Venezia Giulia.*

Introduzione

I minerali di grotta sono uno dei temi più recenti nel campo delle ricerche speleologiche. Per correttezza, però, bisogna ricordare che qualche notizia di carattere mineralogico compare anche in pubblicazioni di parecchi anni fa, infatti, per restare nella nostra Regione o nella vicina Austria, alcune informazioni si trovano, ad esempio, nei libri "Grotte e voragini del Friuli" di G.B. De Gasperi (1916) e "Theoretische Speläologie" di G. Kirle (1923). Nonostante ciò, per molto tempo, le ricerche specifiche sui minerali di grotta sono state sempre limitate.

A livello mondiale, hanno avuto un forte impulso soprattutto a partire dal 1970, grazie anche alla diffusione delle moderne strumentazioni per le analisi. A quel tempo erano note solo 68 specie (Moore 1970; Onac & Forti 2011), ma da quel momento le segnalazioni di nuovi minerali hanno avuto una tendenza esponenziale, arrivando a 255 specie riportate nel libro Cave minerals of the world di Hill & Forti (1997). Si stima, poi, che da quell'anno a oggi ne siano state identificate almeno altre 50, perciò il numero totale di "minerali di grotta" dovrebbe aver tranquillamente superato il traguardo dei 300.

Le stesse considerazioni si possono fare per il Friuli Venezia Giulia, anche se qui l'impulso si è verificato un po' dopo, ossia attorno alla metà degli anni '80. Ciò è avvenuto quando si è iniziato ad analizzare i campioni raccolti in grotta, tramite le moderne tecniche e soprattutto con la diffrattometria e la fluorescenza a raggi X. In particolare ciò è successo grazie alla collaborazione con l'Università di Trieste.

Queste strumentazioni, infatti, sono indispensabili per il riconoscimento dei minerali che si formano negli ambienti sotterranei, poiché non tutti si presentano in cristalli macroscopici, anzi, più di frequente, si tratta di masserelle microcristalline o criptocristalline, qualche volta di consistenza pastosa, oppure sottili incrostazioni, patine o noduli.

Le prime sintesi di queste nuove ricerche non mancarono, infatti, nel 1989 Cancian & Princivalle descrissero le conoscenze di allora riguardo ai minerali delle grotte del Carso Triestino, poi, nel 1996 Cancian fornì un elenco più aggiornato riguardo alla stessa zona e nel 1998 Zucchini, in una ampia rassegna sui minerali del Friuli, elencò anche quelli che sono presenti nelle grotte.

In quest'articolo sono riportate le specie finora note, seguendo queste regole:

Fig. 1 - Concrezioni calcitiche nella Grotta di Boriano o Grotta dell'Acqua 125/135 VG (Carso Triestino, foto Andrea Colus).
- Calcite concretions in the Grotta di Boriano or Grotta dell'Acqua 125/135 VG (Trieste Karst, photo by Andrea Colus).

- Col termine "minerali di grotta" s'intendono solo quelli che si sono formati o che hanno avuto un'evoluzione chimica/cristallografica in questi ambienti, ossia grotte e ampie cavernosità naturali. Non sono presi in considerazione, perciò, i minerali di origine alloctona che, finendo casualmente negli ambienti sotterranei, hanno mantenuto le stesse caratteristiche di quando si trovavano all'esterno. Sono quindi stati considerati nella presente nota i minerali direttamente connessi al fenomeno carsico.
- Ogni specie, citata in questa rassegna, è stata sottoposta, almeno una volta, alla diffrattometria a raggi X, col metodo delle polveri. L'esame è stato sempre accompagnato da osservazioni al microscopio e spesso anche da analisi chimiche. Non sono state prese in considerazione le segnalazioni prive di qualsiasi documentazione.
- Per ogni minerale è stata compilata una scheda che riporta i principali parametri fisici, chimici e mineralogici, con eccezione dei dati più facilmente rinvenibili in letteratura (sistema, densità, durezza, frattura..). Allo scopo, è stata consultata la principale letteratura e alcuni siti internet specializzati (webmineral.com; www.handbookofmineralogy.org; www.mindata.org). Quando i parametri non erano uguali, è stato scelto il più recente o comunque il più affidabile.
- Per ogni minerale è riportata la bibliografia, dove sono descritte le ricerche e i risultati ottenuti. In mancanza di dati bibliografici significa che la ricerca non è stata pubblicata, però sono state eseguite ugualmente delle analisi tramite la diffrattometria a raggi X da parte dello scrivente.

Secondo la classificazione di Nickel-Strunz, alla quale ci si riferisce nella presente nota, i minerali sono distinti in 10 classi:

1: elementi nativi
2: solfuri
3: alogenuri
4: ossidi e idrossidi
5: carbonati e nitrati
6: borati
7: solfati e cromati
8: fosfati e arseniati
9: silicati
10: composti organici

Al momento, nelle grotte del Friuli Venezia Giulia, non sono stati trovati minerali appartenenti a tutte le

classe	minerali
ossidi e idrossidi di Si	silice amorfa, quarzo
ossidi e idrossidi di Fe	ematite, ferrihydrite, goethite, lepidocrocite, maghemite, magnetite
ossidi e idrossidi di Al	boehmite, diasporo, gibbsite, nordstrandite
ossidi e idrossidi di Mn	amorfi, criptomelano, pirolusite, ramsdellite, todorokite
carbonati	ankerite, aragonite, calcite, carbonato di calcio amorfo, dolomite, huntite, hydromagnesite, kutnohorite, magnesite, monohydrocalcite
solfati	anidrite, gesso, idrobasalumite
fosfati	brushite, crandallite, fosfati amorfi, francoanellite, idrossiapatite, leucofosfite, fosfato octacalcico OCP, taranakite.
silicati	allofane, caolinite, halloysite, illite, montmorillonite

Tab. I - I minerali finora identificati nelle grotte del Friuli Venezia Giulia.
- *The minerals identified to date in the caves of Friuli Venezia Giulia.*

dieci classi, ma soltanto a cinque: ossidi e idrossidi, carbonati, solfati, fosfati, silicati.

È opportuno aggiungere che il loro riconoscimento è molto utile allo studio evolutivo delle cavità carsiche, infatti, sono il prodotto di reazioni chimiche che qui sono avvenute. La maggior parte dei minerali, inoltre, è stabile solo entro determinati valori di pH ed Eh, perciò forniscono delle informazioni interessanti sulle caratteristiche ambientali in cui si sono formati o evoluti.

I diversi fenomeni di pseudomorfosi osservati, ad esempio i cristalli di pirite limonitizzati o i cristalli di ematite trasformati in goethite, dimostrano che, anche qui, avvengono delle trasformazioni, legate proprio alle particolari caratteristiche di questi ambienti.

Altri minerali, invece, sono geneticamente collegati ad attività biologiche, come diversi fosfati che, spesso, traggono origine dalla decomposizione del guano. Interessante è il caso dell'idrossiapatite, che può essere considerata un ottimo "indicatore biologico", infatti, compare sempre nelle grotte frequentate non solo dai pipistrelli, ma anche da altri animali, come l'*Ursus Spelaeus*, o dall'uomo preistorico.

Fig. 2 - Diagramma di solubilità della silice amorfa e del quarzo in funzione del pH (da KRAUSKOPF 1967, mod.). Da notare come la silice amorfa sia molto più solubile del quarzo e come solubilità di entrambi aumenti rapidamente a partire da valori di pH attorno a 8,5.
- *Solubility diagram of amorphous silica and quartz as a function of pH (KRAUSKOPF 1967, mod.). Note how the amorphous silica is much more soluble than quartz and how solubility of both rapidly increases from pH values around 8.5.*

Ossidi e idrossidi

La classe degli ossidi e idrossidi, soprattutto quelli di Fe, Al e Mn, è rappresentata da parecchi minerali. Nelle grotte del Friuli Venezia Giulia sono molto diffusi, ma solitamente in scarse quantità e in forme poco appariscenti, oppure sono costituenti minoritari di limi e argille. Sono presenti anche in diverse sabbie e ghiaiette di origine esterna, però, in certi casi, hanno avuto qualche evoluzione entro le grotte.

In considerazione del fatto che gli ambienti sotterranei sono perennemente umidi, di solito gli idrossidi sono più frequenti e più stabili rispetto agli ossidi.

a) Ossidi di silicio

Il biossido di silicio più noto è il quarzo. Secondo la classificazione di Nickel-Strunz è inserito nella classe IV (ossidi e idrossidi), ma, qualche volta, in altre classificazioni compare tra i silicati.

Nelle grotte è ubiquitario e lo si trova soprattutto entro sedimenti alloctoni, trasportati nel sottosuolo. In minore misura può derivare anche dalla roccia in cui si sviluppa la grotta, soprattutto nelle cavità che si aprono nel flysch. Inoltre, nelle acque di percolazione, se i valori di pH superano 8,5, la silice può facilmente andare in soluzione e poi depositarsi secondo varie modalità.

Silice amorfa - Opale

Diffusione nelle grotte del FVG: probabilmente diffusa ma ancora poco conosciuta. Formula chimica: $SiO_2 \cdot nH_2O$. Colore: bianco, giallo, rosso, marrone. Lucentezza: da vitrea a terrosa. Opacità: da trasparente a translucida e talvolta opaca. Striscio: bianco. Fluorescenza: giallo verdolino (UV onda corta), bianco (UV onda lunga).

La silice - SiO_2 - si presenta in natura generalmente in forma solida cristallina, come il quarzo e i suoi polimorfi e più raramente in forma amorfa come nell'opale (fig. 2). Dal punto di vista diagenetico, normalmente si ha questa trasformazione:

opal-A → opal-CT/C → microcrystalline quartz

Opal-A mostra il più alto grado di disordine e il maggior contenuto d'acqua.

Quando la silice amorfa viene analizzata tramite la diffrattometria a raggi X, nei grafici possono comparire solo delle bande di diffrazione o qualche riflesso isolato. Generalmente opal-A produce una larga banda di diffrazione tra 19 e 25 gradi (2 theta) con massimo, o con un modesto riflesso, attorno a ~ 4,09 Å. Con la diminuzione del grado di disordine e del contenuto d'acqua (opal-CT e opal-C) il riflesso attorno a 4,07-4,10 Å diventa più intenso e più regolare, inoltre compare un'inflessione a 4,23 Å e un riflesso secondario a ~ 2,50 Å (Elzea et al 1994; Guthrie et al. 1995).

L'identificazione della silice amorfa nei sedimenti di grotta, tramite la diffrattometria a raggi X, non è certo semplice, poiché, come si è visto, non si produce un vero spettro di riflessi. A complicare la situazione, di solito è mescolata ad altri minerali che, al contrario, producono riflessi che possono mascherare le fasi amorfe o poco cristallizzate.

È utile aggiungere che, in alcune ricerche, le analisi chimiche di argille e di noduli ferrosi avevano dimostrato un eccesso di silice rispetto a quanto compariva tramite la diffrattometria, perciò è stato ragionevole supporre la presenza di fasi amorfe. Solo in pochi casi fortunati, riuscendo a preparare bene il campione, la silice amorfa è stata identificata anche tramite queste tecniche, ad esempio in due abissi del Monte Canin (Cancian et al. 1997).

Di particolare interesse è stata la recente scoperta di concrezioni mucolitiche in alcune cavernosità naturali della roccia carbonatica entro la quale è scavata la cantina Skerk nel Carso Triestino (fig. 3). Si tratta di vuoti che un tempo erano probabilmente più ampi e poi sono stati ridotti in seguito ai lavori di realizzazione delle pareti. Vale la pena di ricordare che, proprio in queste stanze si apre anche l'Abisso Skerk 6328/6138 VG, al momento esplorato fino alla profondità di circa 150 metri. Non si può escludere, pertanto, che queste morfologie ipogee abbiano avuto qualche collegamento tra di loro. Nelle cavernosità la sostanza gelatinosa è formata da un'altissima quantità d'acqua (circa il 95%), da silice amorfa e da tracce di carbonati (Cancian & Princivalle 2016).

Quarzo

Diffusione nelle grotte del FVG: molto diffuso come minerale alloctono, raro, invece come minerale di grotta. Formula chimica: SiO_2. Colore: incolore, grigio, violetto, giallastro (allocromatico). Lucentezza: vitrea. Opacità: da trasparente a translucido e talvolta opaco. Striscio: bianco. Fluorescenza: giallo arancio. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X (per il quarzo α): 3,342 (100), 4,257 (22), 1,8179 (14).

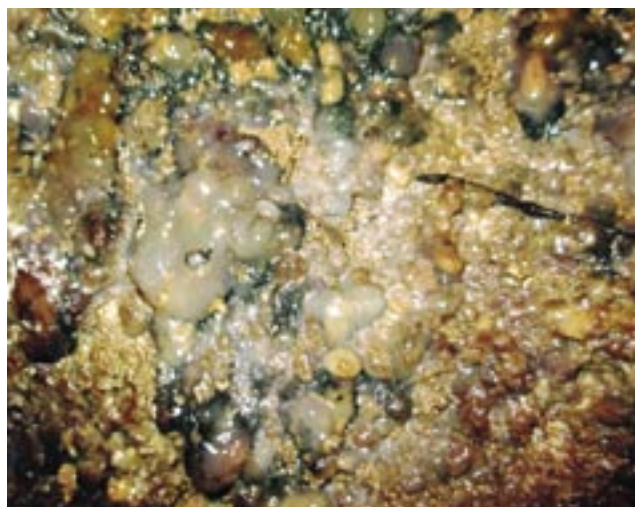



Fig. 3 - La cantina Skerk (Carso Triestino): in alcune cavernosità è presente gel di silice amorfa, molle.
- *The Cantina Skerk (Trieste Karst): in some hollowness there is amorphous, soft, silica gel.*

Come è stato osservato in precedenza, il quarzo è ubiquitario, però è raro come minerale di grotta. In qualche caso, però, sono state trovate delle incrostazioni quarzose, dovute alla deposizione della silice amorfa, con successiva perdita d'acqua per evaporazione e graduale ritorno alle fasi cristalline. Un esempio è stato notato nella cantina Skerk (vedi quanto detto per la silice amorfa).

b) Ossidi e idrossidi di ferro

Poiché non sono stati eseguiti studi specifici su singoli minerali, si ritiene opportuno riportare prima le loro schede e poi descrivere le ricerche in cui sono stati identificati. Lo stesso vale per i capitoli riguardanti gli ossidi e idrossidi di Al e Mn.

Ematite

Diffusione nelle grotte del FVG: scarsamente diffusa. Formula chimica: Fe_2O_3. Colore: grigio rossastro, nero rossastro, rosso, da grigio acciaio a nero. Lucentezza: metallica, submetallica, terrosa. Opacità: da subtranslucida a opaca. Striscio: bruno rossastro. Fluorescenza: non fluorescente. Altre caratteristiche: magnetica dopo riscaldamento, dimorfa con maghemite. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 2,703 (100), 2,519 (70), 1,6966 (36).

Ferrihydrite

Diffusione nelle grotte del FVG: rara. Formula chimica: $Fe_2^{3+}O_3 \cdot 0,5H_2O$ (può trovarsi scritta anche in altre maniere). Colore: da marrone giallastro a marrone scuro. Lucentezza: n.d. Opacità: opaco. Striscio: bruno giallastro. Fluorescenza: n.d. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 2,45 (100), 1,97 (60), 2,25 (60).

Goethite

Diffusione nelle grotte del FVG: diffusa ma sempre in modeste quantità. Formula chimica: FeO(OH). Colore: da giallo bruno a nero. Lucentezza: metallica, sericea, adamantina. Opacità: da subtranslucida a opaca. Striscio: bruno giallastro. Fluorescenza: non fluorescente. Altre caratteristiche: trimorfa con feroxyhyte e lepidocrocite. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 4,183 (100), 2,450 (50), 2,693 (35).

Lepidocrocite

Diffusione nelle grotte del FVG: poco diffusa. Formula chimica: γFeO(OH). Colore: rosso, marrone rossastro, marrone giallastro, marrone scuro. Da rossastro pallido a rosso arancio in luce trasmessa e grigio chiaro in luce riflessa. Lucentezza: submetallica. Opacità: opaca. Striscio: arancione scuro o marrone giallastro scuro. Fluorescenza: non fluorescente. Altre caratteristiche: trimorfa con feroxyhyte e goethite. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 6,26 (100), 3,29 (90), 2,47 (80).

Maghemite

Diffusione nelle grotte del FVG: poco diffusa. Formula chimica: γFe_2O_3. Colore: marrone, marrone scuro. Da marrone a giallo in luce trasmessa; da bianco a grigio bluastro in luce riflessa. Lucentezza: metallica. Opacità: opaca. Striscio: marrone. Fluorescenza: n.d. Altre caratteristiche: fortemente magnetica. Dimorfa con ematite. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 2,518 (100), 2,953 (90), 1,476 (34).

Magnetite

Diffusione nelle grotte del FVG: poco diffusa. Formula chimica: $Fe^{2+}Fe_2^{3+}O_4$. Colore: nero, nero grigiastro, nero ferro. Lucentezza: metallica. Opacità: opaca. Striscio: nero. Fluorescenza: non fluorescente. Altre caratteristiche: fortemente magnetica. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 2,532 (100), 1,485 (40), 2,967 (30).

Il minerale di ferro più stabile e più diffuso nelle grotte è la goethite - FeO(OH). È stata identificata e studiata soprattutto nei noduli ferrosi, dove, tranne poche eccezioni, è la fase prevalente.

I noduli metallici sono stati oggetto di diverse ricerche nel Friuli Venezia Giulia. All'inizio, sono stati trovati nell'ambito di studi che avevano altre finalità, ad esempio comparivano, come elementi nettamente subordinati nei depositi di ghiaie e sabbie quarzose in cavità del Carso di Monfalcone (Cancian 1981).

A nostro avviso, però, lo studio che ha dato maggiore impulso a queste ricerche è stato quello di Forti (1987), che prese in esame i noduli, già segnalati da Ponton nel 1984, nella Grotta Pod Lanisce 1456/573 Fr (Valli del Torre; fig. 4). Le analisi, molto dettagliate, permisero di trovare, in alcuni campioni, un'associazione di pirite, materiale amorfo, piccole porzioni di goethite e scarsa ematite. In quantità ancora più subordinata fu certificata la presenza di magnetite e di maghemite. Questi noduli avevano, almeno in parte, una genesi primaria alloctona, però, poi, hanno subito un processo evolutivo, in ambiente sotterraneo, che è ancora in atto.

Successivamente, noduli e granuli ferrosi e alluminiferi furono segnalati anche nell'Antro di Casali Neri 326/450 VG nel settore settentrionale del Carso Goriziano, entro un deposito di ghiaie e sabbie quarzose, simile a quelli che in precedenza erano stati studiati nel Monfalconese (Bruzzechesse et al. 1991).

Altri studi, riguardanti cavità del Friuli furono eseguiti da Mocchiutti & Forti (1996), Mocchiutti (1997) e Fratta & Mocchiutti (1999), che dimostrarono, tra l'altro, un'interessante diffusione dei noduli in queste aree. Continuarono, tuttavia, anche le ricerche nel Carso, dove si certificò nuovamente la presenza della maghemite Cancian (1999, 2001).

La raccolta di più informazioni, su grotte del Carso e del Friuli, permise, in seguito, un confronto tra vari

Fig. 4 - Il tratto di galleria della Grotta Pod Lanisce (Taipana, Prealpi Giulie) nel quale sono stati ritrovati i noduli ferrosi (foto A. D'Andrea).
- *The gallery of the Grotta Pod Lanisce (Taipana, Julian Pre-Alps) in which ferrous nodules were found (photo by A. D'Andrea).*

	Risorgiva di Eolo 1671/658 Fr	**Abisso a SW del M. Matajur 893/389 Fr**	**Caverna 2ª della forra 518/239 Fr**	**Grotta presso il Ponte di Rio Molat 5794/3283 Fr**	**Dolina presso Jamiano (Carso Goriziano)**
FeO_{tot} %	33,2	66,6	62,3	72,7	69,7
Al_2O_3 %	2,5	4,1	3,0	1,9	1,1
SiO_2 %	46,6	10,8	18,4	8,5	12,0
TiO_2 %	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
MnO %	2,0	1,8	0,2	0,1	0,1
MgO %	0,3	0,8	0,4	0,7	0,4
CaO %	0,4	0,4	0,2	0,1	0,4
Na_2O %	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
K_2O %	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1
P_2O_5 %	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1
L.O.I. %	14,5	14,8	15,0	15,6	16,0

Tab. II - Analisi chimica percentuale di 5 noduli ferrosi. Il ferro è espresso come ferro totale. L.O.I. = loss of ignition.
- *Chemical analysis in 5 ferrous nodules. Iron is expressed as total iron. L.O.I. = Loss of ignition.*

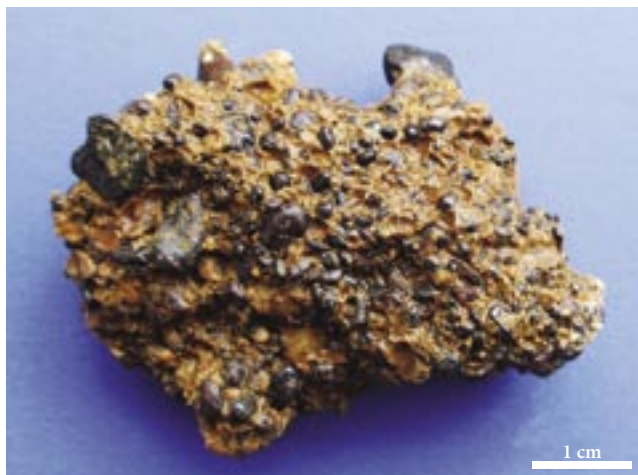



Fig. 5 - Conglomerato di ghiaiette e sabbie ferrose, cementate da argilla e calcite. Provenienza: Grotta "Ma Che Liberazione" (Monte Ciaurlèc, Prealpi Carniche centrali).
- *Conglomerate made of tiny gravel and ferrous sands, cemented by clay and calcite. From Grotta "Ma Che Liberazione" (Monte Ciaurlèc, central Carnic Pre-Alps).*

Fig. 6 - Nodulo ferroso. Provenienza: Grotta "Ma Che Liberazione" (Monte Ciaurlèc, Prealpi Carniche centrali).
- *Ferrous nodule. From Grotta "Ma Che Liberazione" (Monte Ciaurlec, central Carnic Pre-Alps).*

campioni, prendendo in esame anche i parametri di cella della goethite, che si confermò come minerale prevalente (Cancian & Principalle 2004). Curiosamente, invece, la lepidocrocite, che è una fase polimorfa, fu trovata in più campioni delle zone alpine e prealpine ma non nel Carso. Le analisi chimiche di 5 noduli diedero i risultati riportati in tab. II.

È interessante osservare che, in questi campioni, la silice è sempre presente, talvolta anche con valori alti, come nella Risorgiva di Eolo, dove raggiunge addirittura il 46,6 %. L'alluminio, invece, che può sostituire il ferro nella goethite, è in quantità ridotte. Il confronto tra le analisi chimiche e diffrattometriche permise, inoltre, di ipotizzare la presenza di fasi amorfe, soprattutto per quanto riguarda la silice.

Fig. 7 - Vista al microscopio di sabbie di maghemite. Il minerale è fortemente magnetico, perciò i singoli grani tendono ad attrarsi e unirsi tra di loro, formando dei cordoncini.
- *Photo under the microscope of maghemite sands. The mineral is strongly magnetic, therefore, the individual grains tend to attract and stick to each other, forming cords.*

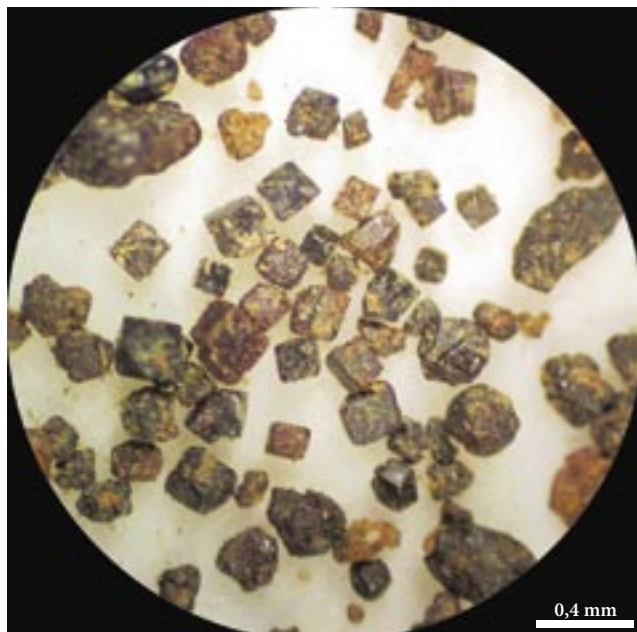



Fig. 8 - Alcuni grani cubici di pirite limonitizzata entro un campione di sabbia fine della Grotta Dobra Picka (massiccio del Monte Canin).
- *Some cubic grains of limonitized pyrite within a tiny sand sample from Grotta Dobra Picka (Monte Canin massif).*

Aviani & Princivalle (2009) descrissero, poi, i noduli presenti in grotte delle Valli del Natisone, suddividendoli in varie categorie in base alle loro caratteristiche morfologiche e mineralogiche.

Le ricerche più recenti, invece, riguardano quelli della Grotta "Ma Che Liberazione" (Monte Ciaurlèc, prov.

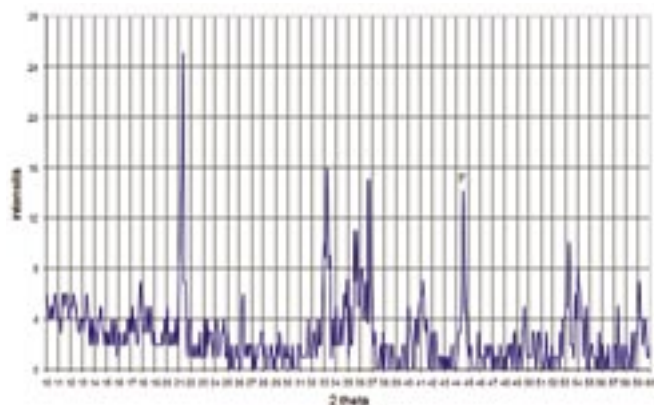



Fig. 9 - Diffrattogramma (raggi X) di ghiaiette ferrose provenienti dalla Grotta “Ma Che Liberazione” (Monte Ciaurlèc, Prealpi Carniche centrali). P = riflesso del portacampioni. Gli altri riflessi appartengono alla goethite, FeO(OH).
- *Diffractogram (X-rays) of ferrous tiny gravel from Grotta “Ma Che Liberazione” (Monte Ciaurlèc, central Carnic Pre-Alps). P = reflection of the sample holder. Other reflections belong to the goethite, FeO(OH).*

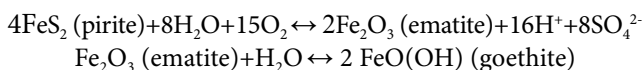
Pordenone), tuttora in corso di esplorazione da parte del Gruppo Speleologico di Pradis, che ha provveduto alla raccolta dei campioni (figg. 5 e 6). Anche in quest’occasione, il minerale più abbondante è risultata la goethite, ma, in un campione prevaleva la lepidocrocite. Inoltre, di particolare interesse è stato il riconoscimento della ferrihydrite, come costituente accessorio e subordinato (Cancian et al. 2016). Si tratta di un ossido idrato di ferro, diffuso nella crosta terrestre, ma di non facile identificazione tramite la diffrattometria a raggi X perché genera solo qualche “banda di diffrazione” oppure pochi riflessi, purtroppo, in buona parte molto vicini a quelli della goethite (fig. 9).

Altri minerali ferrosi accessori, riscontrati nei noduli e nelle incrostazioni di grotta, sono ematite, maghemite, magnetite e materiale amorfo, non sempre meglio classificabile. In definitiva, spesso queste associazioni possono definirsi col nome generico di limonite.

Per quanto riguarda l’ematite, è interessante ricordare che, in questi ambienti, col tempo, tende a trasformarsi in goethite. Nella superficie di qualche nodulo, infatti, sono stati osservati dei minuti cristalli col tipico habitus dell’ematite, però, le analisi al diffrattometro hanno dimostrato che si trattava di goethite. Un esempio è dato da un campione raccolto nella Grotta presso il Ponte di Rio Molat 5794/3283 Fr (Clauzetto) (Cancian & Gerometta 2002).

Un altro esempio, relativamente frequente, di pseudomorfosi è dato dall’alterazione di cristalli di pirite in goethite/limonite, fenomeno che è stato osservato più volte, soprattutto nell’esame dei minerali pesanti di sabbie e ghiaiette di grotte prealpine e alpine.

In questo caso, prima si può formare l’ematite, poi, col proseguire dei processi di alterazione, si forma la goethite:

$$4FeS_2 \text{ (pirite)}+8H_2O+15O_2 \leftrightarrow 2Fe_2O_3 \text{ (ematite)}+16H^++8SO_4^{2-}$$
$$Fe_2O_3 \text{ (ematite)}+H_2O \leftrightarrow 2\ FeO(OH) \text{ (goethite)}$$

c) Idrossidi di alluminio

Boehmite

Diffusione nelle grotte del FVG: rara. Formula chimica: γAlO(OH). Colore: bianco, giallo pallido, marrone grigiastro pallido, incolore in sezione sottile. Lucentezza: vitrea, madreperlacea. Opacità: translucida. Striscio: bianco. Fluorescenza: n.d. Altre caratteristiche: dimorfa con diasporo. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 6,11 (100), 3,15 (60), 2,347 (60).

Diasporo

Diffusione nelle grotte del FVG: raro. Formula chimica: αAlO(OH). Colore: incolore, bianco, grigio pallido, grigio verdastro, rosso violaceo. Lucentezza: vitrea, adamantina. Opacità: trasparente, translucido. Striscio: bianco. Fluorescenza: non fluorescente. Altre caratteristiche: dimorfo con boehmite. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 3,99 (100), 2,317 (56), 2,131 (57).

Gibbsite

Diffusione nelle grotte del FVG: moderatamente diffusa, ma sempre in quantità scarse e soprattutto nelle grotte del Carso. Altro nome: idrargillite. Formula chimica: $Al(OH)_3$. Colore: incolore, bianco, grigio biancastro, bianco verdastro, verde pallido, bianco rossastro. Lucentezza: vitrea, madreperlacea. Opacità: trasparente, translucido. Striscio: bianco. Fluorescenza: non fluorescente o verde arancio (UV onda corta). Altre caratteristiche: polimorfo con bayerite e nordstrandite. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 4,853 (100), 4,380 (36), 4,328 (18).

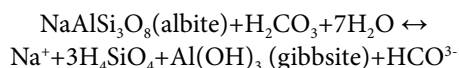
Nordstrandite

Diffusione nelle grotte del FVG: rara. Formula chimica: $Al(OH)_3$. Colore: incolore, marrone chiaro, bianco, rosa, grigio chiaro. Lucentezza: vitrea, madreperlacea. Opacità: da trasparente a opaca. Striscio: bianco. Fluorescenza: n.d. Altre caratteristiche: polimorfa con bayerite e gibbsite. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 4,789 (100), 2,263 (15), 4,322 (12).

Boehmite, diasporo, gibbsite e nordstrandite sono i principali costituenti delle bauxiti carsiche, assieme ad altri minerali (Bardossy 1982; Merlak 2014). Del materiale di questo tipo, pertanto, può essere fluitato entro qualche grotta, oppure può essere andato parzialmente in soluzione e poi depositato. Bardossy (1982), inoltre, nel suo libro sulle bauxiti in rocce carbonatiche, riporta i risultati di alcuni studi sulla stabilità dei minerali. In particolare, la gibbsite si forma in condizioni fortemente ossidanti e pH leggermente acido, la boehmite

in condizioni mediamente ossidanti e pH meno acido, mentre il diasporo si forma in condizioni da neutre a riducenti e pH attorno alla neutralità.

Tra gli idrossidi di alluminio, la gibbsite è la più diffusa nelle grotte. Può derivare anche dall'alterazione dei feldspati ed essere, quindi, un minerale di neoformazione (Longinelli & Deganello 1999). Ciò può succedere quando vi è presenza di H_2CO_3 e acqua, come accade nelle cavità carsiche.

$$NaAlSi_3O_8(\text{albite})+H_2CO_3+7H_2O \leftrightarrow$$
$$Na^{+}+3H_4SiO_4+Al(OH)_3\ (\text{gibbsite})+HCO^{3-}$$

La gibbsite, comunque, pur essendo diffusa nelle grotte, è stata trovata sempre in quantità modeste, soprattutto nei depositi argillosi (Cancian & Principalle 1999, 2002) o in sottili incrostazioni o patine. Predebon (2001), descrivendo la Grotta di Boriano o Grotta dell'Acqua 125/135 VG, cita, ad esempio, una sottile patina che ricopriva alcune stalattiti e che era costituita da minerali argillosi e scarsa gibbsite.

Minerali alluminiferi sono stati trovati anche in alcuni particolari depositi di ghiaie e sabbie quarzose, presenti in grotte e relitti di cavità del Carso Goriziano, dove compaiono con l'aspetto di granuli arrotondati e subarrotondati. Uno di questi depositi fu studiato nell'Antro di Casali Neri 326/450 VG e, in quell'occasione, furono isolati alcuni piccoli grani scuri di diasporo, boehmite e ossidi di ferro (Bruzzechesse et al. 1991). L'origine di questo materiale è chiaramente esterna. Va osservato, tuttavia, che il colore scuro dei granuli alluminiferi sembra dovuto all'inclusione di goethite, come dimostrato anche da alcune analisi successive. Non si può escludere, pertanto, che ci sia stata un'evoluzione mineralogica di questi materiali in ambiente sotterraneo.

Nella Caverna Pocala 173/91 VG (Carso Triestino), invece, la gibbsite è stata trovata nel livello delle "sabbie quarzose gialle" (Cucchi et al. 1992). Sempre in queste sabbie, che compaiono in molte grotte suborizzontali del Carso, lo stesso minerale, è stato segnalato più volte, anche in associazione a boehmite e diasporo. In tutti questi casi, però, non si può dire con sicurezza se questi idrossidi di alluminio sono, almeno in parte, minerali di grotta o minerali alloctoni (Cancian & Princivalle 2000; Cancian 2001).

La nordstrandite, infine, è stata identificata solo due volte: nelle sabbie della Grotta a N del Monte Ursich 5430/2996 Fr (Cancian 1999; Paronuzzi et al. 2005), dove si presenta con l'aspetto di granuli discoidali, di dimensioni più frequenti tra 0,3 e 2,0 mm e colore marrone chiaro, con sfumature verso l'arancio (fig. 10) e poi entro le sabbie del primo tratto della Ciase de lis Aganis 229/115 Fr (Vito d'Asio).

d) Ossidi di manganese

Amorfi

In diversi casi le analisi, effettuate tramite la diffrattometria a raggi X su polveri e patine di manganese, hanno dimostrato che si trattava di materiale amorfo o con un grado estremamente basso di cristallizzazione, perciò non è stato possibile giungere a una precisa classificazione. Inoltre, in queste circostanze, anche le analisi chimiche non potrebbero servire per determinare le singole specie, causa la difficoltà di reperire dei campioni puri.

Criptomelano

Diffusione nelle grotte del FVG: raro. Formula chimica: $K(Mn^{4+},Mn^{2+})_8O_{16}$. Colore: da grigio acciaio a

Fig. 10- Piccoli granuli discoidali di nordstrandite. Provenienza: Grotta a N del Monte Ursich 5430/2996 Fr (Monte Canin).
- *Small disc-shaped granules of nordstrandite. From Grotta N of Monte Ursich 5430/2996 Fr (Monte Canin).*

Fig. 11 - Ghiaie e ghiaiette di ossidi/idrossidi di ferro e alluminio, cementate da materiali argillosi e calcite. Provenienza: relitto di cavità nel Carso Monfalconese. In questi campioni sono stati riconosciuti: goethite, ematite, maghemite, diasporo, boehmite.
- *Gravels and tiny gravel of oxides/hydroxides of iron and aluminum, cemented by clay and calcite material. From a relict cave in Monfalcone Karst. In these samples goethite, hematite, maghemite, diaspore, boehmite have been recognized.*

grigio bluastro se fresco, marrone chiaro grigio in luce riflessa. Lucentezza: da metallica a terrosa. Opacità: opaca. Striscio: marrone scuro. Fluorescenza: n.d. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 2,39 (100), 6.90 (90), 4,90 (80) 3,10 (80).

Pirolusite

Diffusione nelle grotte del FVG: rara. Formula chimica: MnO_2. Colore: grigio acciaio, grigio ferro, grigio bluastro. Lucentezza: submetallica. Opacità: opaca. Striscio: nero. Fluorescenza: non fluorescente. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 3,14 (100), 1,63 (50), 2,41 (50).

Ramsdellite

Diffusione nelle grotte del FVG: rara. Formula chimica: $Mn^{4+}O_2$. Colore: grigio acciaio, grigio ferro, bianco giallastro in luce riflessa. Lucentezza: metallica. Opacità: opaca. Striscio: nero, marrone nerastro. Fluorescenza: n.d. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 4,08 (100), 2,53 (80), 1,60 (70).

Todorokite

Diffusione nelle grotte del FVG: rara. Formula chimica: $(Mn^{2+},Ca,Na,K)(Mn^{4+},Mn^{2+},Mg)_6O_{12}*3H_2O$. Colore: da marrone al nero, grigio violaceo, grigio scuro. Marrone in luce trasmessa, grigio chiaro in luce riflessa. Lucentezza: da metallica a terrosa. Opacità: opaca. Striscio: nero, marrone scuro. Fluorescenza: n.d. Solubilità: solubile in acidi. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 9,68 (100), 4,8 (80), 2,39 (40).

Nelle grotte della Regione, gli ossidi/idrossidi di manganese si presentano generalmente con l'aspetto di patine, polveri e sottili incrostazioni sulle pareti, mentre in altri casi formano piccoli granuli, lenti o masserelle disperse nei sedimenti.

Fig. 12 - Noduli di todorokite. Provenienza: Abisso Skerk (Brezno v Ogradi) 6328/6138 VG.
- *Nodules of todorokite. From the Abisso Skerk (Brezno v Ogradi) 6328/6138 VG.*

Sono frequenti ma difficili da classificare e per questo motivo, in passato, queste sostanze sono state segnalate più volte, ma senza specificare di quali minerali si trattava. Le prime classificazioni, effettuate tramite la diffrattometria a raggi X, riguardano le grotte del Carso, anche se, all'inizio, non fu possibile eseguire studi più approfonditi a causa della scarsità del materiale e perché spesso si trattava di mescolanze di più fasi, non facilmente separabili.

Nella Grotta dell'Artiglieria 1625/4505 VG, Mantoani & Mirifico (1994) segnalarono polveri e granuli scuri di pirolusite e criptomelano, entro una fessura della roccia della galleria iniziale. La ramsdellite, invece, fu identificata dallo scrivente, entro alcuni strati di argilla calcarea compatta, presso l'imboccatura della Grotta Azzurra di Samatorza 34/257 VG (1998). Questa scoperta fu riportata in un articolo, senza firma, sulla Gazzetta dello Speleologo (marzo 1998).

L'unico minerale di manganese cui è stato dedicato uno studio completo è la todorokite. Questa fase era stata riconosciuta, per la prima volta, nella Grotta Due Piani 1166/425 3VG, entro uno scavo nella galleria inferiore, però, anche in questo caso era scarsa e mescolata ad altri sedimenti, il che rese impossibile altre indagini (Cancian & Princivalle 1997). Una seconda segnalazione riguarda la cava presso la Grotta Azzurra di Samatorza 34/257 VG, ma, pur trattandosi di un probabile antico riempimento di grotta, il materiale si trovava in superficie (Cancian 1999).

Nell'Abisso Skerk (Brezno v Ogradi) 6328/6138 VG, invece, alla profondità di circa 100 metri, si è avuta la fortuna di trovare qualche nodulo, facilmente isolabile, perciò è stato eseguito uno studio mirato (fig. 12). In particolare si è visto che i noduli erano costituiti da todorokite, con quantità subordinate di quarzo e tracce di argilla. Si ritiene che il manganese sia stato trasportato in profondità dalle acque di percolazione e poi depositato, con successivi fenomeni di rimaneggiamento. Non si esclude, però, che la sua concentrazione possa avere anche un'origine biologica, infatti, in un campione, studiato al microscopio, è stato osservato qualche filamento di probabile natura organica (Cancian et al. 2015).

Carbonati

Come abbondanza, questo gruppo è il più rappresentato nelle grotte, infatti, si stima che rappresenti addirittura il 97% dei depositi chimici. Il motivo di quest'abbondanza è semplice: la maggior parte delle cavità naturali si apre in rocce carbonatiche, perciò è scontato che anche diversi minerali di grotta siano dei

carbonati. Sono tutti caratterizzati dall'avere l'anione $(CO_3)^{2-}$ come elemento essenziale. I più comuni sono la calcite e l'aragonite, mentre gli altri sono piuttosto rari.

Il meccanismo più frequente della deposizione dei carbonati in grotta è dovuto al noto equilibrio:

$$CaCO_3+CO_2+H_2O \leftrightarrow Ca^{2+}+2HCO_3^-$$

Si tratta di una reazione che si può svolgere sia da sinistra verso destra (trasformando il carbonato di Ca in bicarbonato di Ca, che è molto solubile) sia da destra verso sinistra (deposizione del carbonato di Ca).

In particolare, le acque di percolazione, contenenti gli ioni Ca^{2+} e $(HCO_3)^-$, scorrono entro le discontinuità della roccia, ma quando arrivano nel vuoto di una grotta, possono perdere CO_2 e depositare i carbonati.

Anche se molto meno frequentemente, la precipitazione, però, può avvenire per altri motivi, ad esempio per evaporazione o per dissoluzione incongruente.

Ovviamente le cose non sono così semplici, perché la reazione sopra riportata è influenzata da vari fattori: caratteristiche mineralogiche della roccia, situazione morfologica, temperatura, pressione, pH, miscelazione con altre acque, presenza di altri sali e di altre sostanze disciolte, microorganismi, ecc. Sono proprio queste variabili che permettono la deposizione o meno della calcite oppure di altri carbonati, nelle forme più svariate.

Per quanto riguarda il Friuli, qualche prima notizia mineralogica sulle concrezioni è stata data ancora parecchi anni fa. Ad esempio, nel libro "Grotte e voragini del Friuli", G.B. De Gasperi (1916) dedica un interessante capitolo ai "depositi di incrostazione". Va osservato, però, che nella maggior parte degli studi e delle relazioni riguardanti le concrezioni (speleotemi), di solito, più che soffermarsi sulle caratteristiche mineralogiche, gli autori si sono occupati soprattutto degli aspetti morfologici. Per questo motivo, per parecchi anni, gli unici carbonati di grotta conosciuti e documentati erano, in sostanza, solo la calcite (fig. 13) e l'aragonite. L'avvento delle nuove indagini, tuttavia, ha permesso di portare a 9 il numero di carbonati conosciuti nelle grotte della Regione: ankerite, calcite, aragonite, dolomite, huntite, hydromagnesite, kutnohorite, magnesite, monohydrocalcite, carbonato di calcio amorfo ACC.

Fig. 13 - Cristalli di calcite "a dente di cane" nella Grotta dei Cristalli (Timau, Alpi Carniche, foto A. D'Andrea).
- *"Dogtooth" spar crystals in the Grotta di Mersino (Timau, Carnic Alps, photo by A. D'Andrea).*

Ankerite

Diffusione nelle grotte del FVG: molto rara. Formula chimica: $Ca(Fe^{2+}, Mg, Mn^{2+})(CO_3)_2$. Colore: grigio, giallo, bianco. Lucentezza: da vitrea a perlacea. Opacità: da trasparente a translucida. Striscio: bianco. Fluorescenza: non fluorescente. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 2,899 (100), 2,199 (6), 1,812 (6).

È un minerale del gruppo della dolomite. Se ne differenzia perché parte del magnesio può essere sostituita dal ferro e/o dal manganese. Il suo spettro, ai raggi X, è molto simile a quello della dolomite, infatti, i riflessi sono gli stessi ma spostati solo leggermente verso gli angoli più bassi. Ad esempio, il riflesso principale dell'ankerite è d = 2,899 Å mentre quello della dolomite è d = 2,886 Å. Per questo motivo, il riconoscimento sicuro richiede analisi accurate.

Al momento, in Regione, non sono stati eseguiti studi mirati su questo minerale. Di solito la sua presenza è stata accennata sporadicamente, oppure è stata segnalata in maniera dubitativa, poiché il minerale era molto scarso e associato ad altri sedimenti. Una nostra ricerca ha permesso di identificarla entro una cavernosità della roccia presso il Rifugio Gilberti (Monte Canin), dove si presentava con l'aspetto di un materiale giallastro, un po' alterato, intercalato nel calcare.

In definitiva, lo studio dell'ankerite, come "minerale di grotta", richiede ulteriori ricerche e approfondimenti.

Aragonite

Diffusione nelle grotte del FVG: diffusa, ma spesso in ridotte quantità. Formula chimica: $CaCO_3$. Colore: incolore, bianca, altri colori se contiene impurità. Lucentezza: vitrea. Opacità: da trasparente a translucida. Striscio: bianco. Fluorescenza: verde, giallo, blu chiaro.

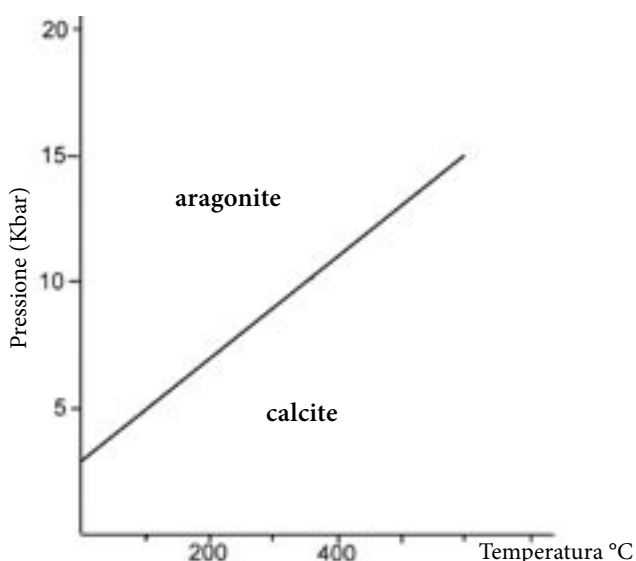



Fig. 14 - Campo di stabilità pressione/temperatura della calcite e dell'aragonite. L'aragonite è la fase stabile ad alta pressione.
- *Stability range Pressure /Temperature of calcite and aragonite. The aragonite is the stable phase at high pressure.*

Fig. 15 - Ingresso della Cavernetta del Torrente Comugna 5962/3400 Fr che si apre nella Dolomia Principale del Trias sup. Quando le acque di percolazione, oltre al calcio, contengono percentuali elevate di magnesio, come accade nelle rocce dolomitiche, spesso si deposita anche l'aragonite.
- *The entrance of the Cavernetta del Torrente Comugna 5962/3400 Fr opens in the upper Triassic Main Dolomite. When the water percolation, in addition to calcium, contain high percentages of magnesium, as happens in the dolomitic rocks, often also it is deposited aragonite.*

Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 3,396 (100), 1,977 (65), 3,273 (52).

L'aragonite è una fase stabile ad alta pressione, anche a temperatura ordinaria (fig. 14). Nonostante ciò è ben nota nelle grotte ed è stata trovata parecchie volte nel Carso e nel Friuli.

È opinione diffusa tra diversi speleologi che le concrezioni aciculari o variamente ramificate siano costituite da aragonite. In realtà, le analisi di laboratorio hanno dimostrato che spesso si tratta di associazioni aragonite/calcite in proporzioni assai variabili. Ciò è dovuto al fatto che, a temperatura ambiente, l'aragonite è metastabile e col tempo tende a trasformarsi in calcite, pur mantenendo la sua forma iniziale.

Le nostre ricerche, inoltre, hanno dimostrato che è presente soprattutto quando, nell'ambiente circostante, ci sono degli "ioni estranei". Ad esempio è stata identificata in associazione a fosfati, oppure in grotte che si aprono entro litotipi dolomitici e quindi con acque di percolazione contenenti una discreta quantità di magnesio.

Nel Carso è stata segnalata nel deposito di riempimento della Caverna Pocala 173/91VG (Cancian & Princivalle 1991). Qui furono prelevati diversi campioni in otto punti della grotta e l'aragonite risultò presente nei primi quattro, localizzati nel primo tratto, a breve distanza dalla parete destra, rispetto a chi entra. Si trovarono queste associazioni:

camp. 1 (sottili incrostazioni): abbondante calcite, scarsa aragonite, quarzo.

camp. 2 (strato grigio chiaro dallo spessore di 5-8 cm,

parte superiore): sostanza organica, calcite, quarzo, idrossiapatite, scarsa kutnohorite, scarsa aragonite.
camp. 3: tenere incrostazioni bianche: abbondante calcite e scarsa aragonite.
camp. 4: tenero straterello grigio scuro: calcite abbondante, quarzo, idrossiapatite, kutnohorite, aragonite, rari feldspati e illite.

L'aragonite è stata trovata anche nella Grotta dell'Otto 4782/5582 VG che si apre in comune di Duino-Aurisina entro litotipi dolomitici e calcarei. In questo caso furono analizzate quattro tenere incrostazioni bianche e l'aragonite risultò presente in due. Nella prima era associata a huntite (prevalente) e magnesite mentre nella seconda era associata ad abbondante calcite (Cancian & Tricarico 1990).

Per quanto riguarda il Friuli, invece, un'interessante ricerca è stata effettuata, negli anni successivi, nella Grotta del Teschio di Mucca 6000/3420 Fr che si apre nel Monte Mia (Valli del Natisone). Anche in questo caso furono analizzate delle piccole e tenere concrezioni biancastre e una di queste risultò formata da idromagnesite e aragonite (Mocchiutti & Cancian 1998).

È stata identificata anche in diversi campioni raccolti in più grotte del Carso e del Friuli, sia nel suolo sia nelle concrezioni ma sempre associata ad altri minerali e in quantità scarsa. Un'eccezione è stata data da una piccola e tozza concrezione stalattitica, lunga circa cinque centimetri, proveniente dalla Cavernetta del Torrente Comugna 5962/3400 Fr. Questa cavità si apre lungo il torrente omonimo, che è il principale affluente dell'Arzino e si sviluppa interamente entro la Dolomia Principale del Triassico superiore (fig. 15). In questo caso, l'aragonite (60%) prevaleva sulla calcite (40%).

Calcite

Diffusione nelle grotte del FVG: praticamente ubiquitaria. Formula chimica: $CaCO_3$. Colore: incolore, bianca, altri colori se contiene impurità. Lucentezza: vitrea. Opacità: da trasparente a translucida. Striscio: bianco. Fluorescenza: giallo, rosso, blu. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 3,035 (100), 2,286 (18), 2,095 (18).

La calcite è il minerale di grotta più diffuso e forma le più svariate concrezioni (speleotemi): stalattiti, stalagmiti, colonne, colate, coralloidi, eccentriche, pisoliti, ecc. In definitiva è ubiquitaria nelle cavità carsiche. La sua deposizione è regolata da vari fattori e soprattutto dalla differenza di pressione tra la CO_2 contenuta nella goccia d'acqua che arriva alla grotta e la CO_2 contenuta nell'aria. Il fenomeno è controllato anche dalla temperatura, infatti, le concrezioni calcitiche sono molto frequenti nelle grotte temperate e scarse, o quasi assenti, in quelle fredde.

I cristalli possono avere dimensioni che di solito sono comprese tra le microcristalline, tipiche, ad esempio, del latte di monte (mondmilch) e le macrocristalline (fig. 16). In quest'ultimo caso possono raggiungere dimensioni di alcuni centimetri, ma anche di più. Ad esempio, Piemontese (1965), in un'ampia descrizione della Grotta della Fornace 731/3913 VG (Carso Triestino), cita testualmente la presenza di "druse di romboedri di calcite, anche di notevoli dimensioni (8-10cm), rivestite da un velo di concrezione opaca". Mocchiutti (2004), invece, segnala cristalli scalenoedrici che raggiungevano i 20 cm di lunghezza in due cavità della catena carnica (fig. 13).

Nelle grotte, inoltre, si possono trovare pure monocristalli di calcite, talora bene sviluppati.

Il colore delle concrezioni, infine, dipende dalle eventuali impurità. Solitamente, se pure, sono bianche, ma se contengono impurità argillose, come accade spesso, i colori mutano nelle varie sfumature del marrone. Quelli scuri, grigi nerastri e nerastri, possono dipendere, invece, da impurità di manganese.

Carbonato di calcio amorfo (ACC)

Diffusione nelle grotte del FVG: molto raro. Formula chimica: $CaCO_3 * nH_2O$.

Si tratta di carbonato di calcio idrato, metastabile, amorfo, precursore della calcite. Sono ancora pochi i dati nella letteratura mondiale riguardo questa sostanza, come naturalmente presente in natura. È stata studiata, infatti, soprattutto in ricerche di laboratorio e in campo biologico (Aizenberg 2003; Becker et al. 2003; Cartwright et al. 2012; Gal et al. 2012; Radha et al. 2010; Raz C. 2002; Rodriguez-Blanco 2008, 2012; ecc.)

Il suo riscaldamento porta alla perdita di molecole d'acqua e si trasforma in calcite.

Al momento, in Regione, il carbonato di calcio amorfo è stato identificato, in scarse quantità, come minerale accessorio di alcune concrezioni mucolitiche di silice amorfa con alte quantità d'acqua. Questo materiale gelatinoso compare in alcune cavernosità della roccia (fig. 17) entro la quale si è approfondita una cantina vinicola presso Prepotto di San Pelagio, nel Carso Triestino (Cancian & Princivalle 2016).

Fig. 16 - Cristalli romboedrici di calcite.
- *Rhombohedric crystals of calcite.*

Per altre informazioni si rimanda a quanto detto anche per la silice amorfa e la monohydrocalcite.

Dolomite

Diffusione nelle grotte del FVG: scarsa o ancora poco conosciuta (come minerale di grotta). Formula chimica: $MgCa(CO_3)_2$. Colore: bianco, grigio, rosa. Lucentezza: da vitrea a perlacea. Opacità: da trasparente a translucida. Striscio: bianco. Fluorescenza: generalmente non fluorescente; solo talvolta fluorescente sull'azzurro biancastro o sul rosa. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 2,886 (100), 2,192 (30), 1,783 (30).

È frequente nelle grotte che si aprono entro litotipi dolomitici o nelle loro immediate vicinanze, però, in genere, si tratta di frammenti staccati dalla roccia o di sedimenti provenienti dall'esterno. È ancora poco conosciuta, invece, come minerale realmente formatosi in grotta. È stata segnalata come costituente di alcune tenere incrostazioni parietali della Grotta dell'Otto 4782/5582 VG (Carso Triestino, fig. 18), in associazione a magnesite e huntite (Cancian & Tricarico 1990). Nella Grotta dell'Artiglieria 1625/4505, invece, è stata identificata solo in tracce entro alcune incrostazioni di idrossiapatite e calcite (Mantoani & Mirifico 1994). Compare, inoltre, nei sedimenti limosi-sabbiosi della Grotta del Gesso in località Duroni 6257/3610 Fr (Treppo Carnico).

Huntite

Diffusione nelle grotte del FVG: rara. Formula chimica: $CaMg_3(CO_3)_4$. Colore: bianco, bianco giallastro, incolore in luce trasmessa. Lucentezza: terrosa (assente). Opacità: translucida. Striscio: bianco. Fluorescenza: non fluorescente. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 2,833 (100), 2,972 (30), 2,888 (20).

L'huntite è stata trovata soltanto nella Grotta dell'Otto 4782/5582 VG (Carso Triestino) assieme ad altri carbonati, come costituente di due sottili e tenere incrostazioni bianche che rivestivano delle concrezioni calcitiche. Nella prima era il minerale prevalente, associato a magnesite e scarsa aragonite; nella seconda,

Fig. 17 - Concrezioni mucolitiche di silice amorfa con elevata quantità d'acqua. In questo materiale sono stati identificati, in scarse quantità, anche il carbonato di calcio amorfo (ACC) e la monohydrocalcite. Probabilmente, entrambi sono precursori della calcite. Cavernosità entro litotipi carbonatici presso Prepotto di San Pelagio (Carso Triestino, foto Andrea Colus).
- *Mucolytic concretions of amorphous silica with high amounts of water. In this material it has been identified, in low quantities, even the amorphous calcium carbonate (ACC) and the monohydrocalcite. Probably, both are precursors of calcite. Hollowness within carbonate lithologies at Prepotto di San Pelagio (Trieste Karst, photo by Andrea Colus).*

invece, prevaleva la magnesite, seguita da dolomite e huntite. Per altre notizie si veda anche quanto detto per l'aragonite e per la dolomite.

L'identificazione è avvenuta tramite la diffrattometria a raggi X (fig. 19). La buona intensità dei riflessi, con profilo netto e regolare, indica un buon grado di cristallinità del minerale (Cancian & Tricarico 1990).

È nostra impressione che l'huntite possa trovarsi anche in altre grotte della Regione. La sua scarsità, infatti, potrebbe dipendere dal fatto che non sono state eseguite indagini specifiche in grotte che si aprono entro litotipi dolomitici.

Hydromagnesite

Diffusione nelle grotte del FVG: raro. Formula chimica: $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 * 4H_2O$. Colore: incolore, bianco. Lucentezza: da vitrea a sericea. Opacità: trasparente. Striscio: bianco. Fluorescenza: verde (UV onda corta), bianco bluastro (UV onda lunga). Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 5,79 (100), 2,899 (82), 9,20 (39).

È stata trovata solo nella Grotta del Teschio di Mucca 6000/3420 Fr che si apre nel Monte Mia (Valli del Natisone). Si trattava di una tenera incrostazione biancastra, formata da hydromagnesite associata ad aragonite (Mocchiutti & Cancian 1998).

Kutnohorite

Diffusione nelle grotte del FVG: raro. Formula chimica: $Ca(Mn^{2+},Mg,Fe^{2+})(CO_3)_2$. Colore: bianco, rosa pallido, giallo pallido. Lucentezza: da vitrea a opaca). Opacità: trasparente. Striscio: bianco. Fluorescenza: non ci sono dati a disposizione. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 2,935 (100), 1,814 (31), 1,837 (27).

Questo raro minerale è stato segnalato soltanto nella Caverna Pocala 173/91 VG nel Carso Triestino (fig. 20), molto nota come sito archeologico e per i ritrovamenti di *Ursus Spelaeus* (Cancian & Principalle 1991). Sembra che questo sia stato anche il primo ritrovamento di kutnohorite in una grotta italiana (Hill & Forti 1997).

La storia di questo minerale è piuttosto singolare, infatti, il suo nome deriva dalla città di Kutna Hora, che si trova nella Repubblica Ceca, però è chiamato sia "kutnahorite" sia "kutnohorite". Il secondo termine deriva da una svista tipografica risalente addirittura al 1903, ma, pur essendo frutto di un errore, è stato approvato dall'Associazione Mineralogica Internazionale.

Fig. 18 - Parte centrale del diffrattogramma (raggi X), eseguito nel 1990, riguardante una tenera incrostazione della Grotta dell'Otto 4782/5582 VG (Carso Triestino). Si tratta di un'associazione di dolomite (D), huntite (H) e magnesite (M). Nella figura sono evidenziati, con le rispettive lettere, i riflessi principali dei tre minerali.
- *Central part of the diffractogram (X rays), executed in 1990, concerning a soft encrustation in Grotta dell'Otto 4782/5582 VG (Trieste Karst). It is an association of dolomite (D), huntite (H) and magnesite (M). In the figure are shown, with the respective letters, the main reflections of the three minerals.*

Fig. 19 - Polvere di huntite preparata per l'esame diffrattometrico.
- *Powder of huntite prepared for the diffractometric examination.*

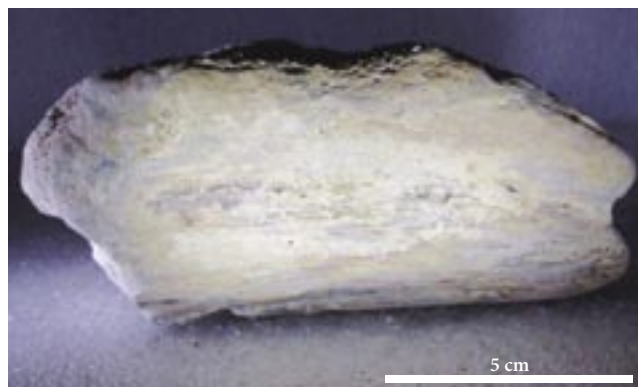



Fig. 20 - Parte dello straterello dove fu identificata la kutnahorite (o kutnohorite) associata a calcite, aragonite e idrossiapatite. Provenienza: Caverna Pocala 173/91 VG (Carso Triestino).
- *Part of the thin level where was identified the kutnahorite (or kutnohorite) associated with calcite, aragonite and hydroxyapatite. From Caverna Pocala 173/91 VG (Trieste Karst).*

In definitiva si tratta di un carbonato di calcio, dove una parte del calcio è sostituita dal manganese, o anche dal magnesio o dal ferro bivalente.

Durante le ricerche nella Caverna Pocala, furono raccolti diversi campioni di suolo in otto punti e la kutnahorite/kutnohorite fu identificata in due. Nel primo caso si trattava di un piccolo scavo preesistente, probabilmente eseguito a scopo di ricerche archeologiche, che metteva in vista uno straterello grigio dallo spessore di 5-8 cm. Le analisi dimostrarono la presenza di sostanza organica, abbondante Ca-kutnohorite, calcite, quarzo e minori quantità di aragonite, idrossiapatite, kutnohorite e scarsi ossidi di Fe e diasporo.

Anche nel secondo punto si trattava di un sottile strato grigio, però più scuro. Fu riscontrata quest'associazione: abbondante calcite e quarzo con minori quantità di idrossiapatite, Ca-kutnohorite, kutnohorite, aragonite e scarsi feldspati e fillosilicati.

È bene precisare che la Ca-kutnohorite è una specie caratterizzata da una maggiore quantità di calcio, genericamente indicata con formula $Ca_{0,74}(Mn,Mg,)_{0,26}(CO_3)$. Questa fase, però, non è stata riconosciuta come minerale a sé stante. Noi preferiamo segnalarla ugualmente, sia per dare informazioni più complete sia perché esiste il cartellino JCPDS 19-234 denominato "kutnohorite calcian" che permette di distinguerla dalla kutnohorite.

Magnesite

Diffusione nelle grotte del FVG: rara. Formula chimica: $MgCO_3$. Colore: incolore, bianco, grigio chiaro, giallo chiaro, ecc. Lucentezza: vitrea. Opacità: trasparente, translucida, opaca. Striscio: bianco. Fluorescenza: giallo chiaro (onda lunga), blu chiaro (onda corta), verde pallido. Altre proprietà: può essere triboluminescente. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 2,742 (100), 1,700 (35), 2,503 (18).

È un carbonato di magnesio ancora poco conosciuto nelle grotte della Regione. È stato trovato, spesso assieme ad altri carbonati, in alcune tenere incrostazioni entro grotte che si aprono in litotipi dolomitici o nelle immediate vicinanze. In particolare, la magnesite è stata segnalata in due incrostazioni raccolte nella Grotta dell'Otto 4782/5582VG (Carso Triestino). Nella prima era associata a huntite (prevalente) e aragonite (scarsa); nella seconda, invece, era il minerale più abbondante, assieme a dolomite e huntite (Cancian & Tricarico 1990).

Alcune analisi hanno permesso di identificarla anche nella Grotta del gesso in Località Duroni 6257/3610 Fr (Treppo Carnico; fig. 21). In modeste quantità era presente nelle incrostazioni gessose e nelle patine scure presenti nelle pareti. Era abbondante, invece, nelle sabbie limose, assieme ad anidrite e - in certi campioni - anche a dolomite, gesso, quarzo e minerali argillosi.

Monohydrocalcite

Diffusione nelle grotte del FVG: molto raro. Formula chimica: $CaCO_3 * H_2O$. Colore: incolore. bianco (specialmente se disidratato, grigio, bianco grigio, azzurro, verde chiaro. Lucentezza: da vitrea a sericea. Opacità: da trasparente a opaco. Striscio: bianco. Fluorescenza: verde. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 4,327 (100), 3,072 (77), 1,9275 (54).

Al momento questo minerale è scarsamente conosciuto e finora non c'erano studi che documentassero, con dati analitici, la sua presenza nelle grotte della Regione. Una recente ricerca, però, ha permesso di trovare tracce di monohydrocalcite in alcune concrezioni mucolitiche di silice amorfa presenti in alcune cavernosità della roccia carbonatica nel Carso Triestino (Cancian & Princivalle 2016).

Col riscaldamento la monohydrocalcite perde acqua e si trasforma in calcite. Questa trasformazione è stata riscontrata anche nei nostri campioni, lasciati asciugare spontaneamente, a temperatura ambiente (da 14° a 20° C), per alcuni mesi.

Per altre informazioni, si rimanda a quanto detto per il carbonato di calcio amorfo ACC e per la silice amorfa.

Solfati

A livello generale, dopo i carbonati, i solfati sono la classe più abbondante nelle grotte, dove state riconosciute diverse specie. Nel Friuli Venezia Giulia, però, la situazione è diversa, infatti, sono stati segnalati più volte ma sempre in quantità modeste e le specie, finora identificate, sono solo tre: anidrite, gesso, basalumite.

Tutto ciò è dovuto al fatto che, per formarsi, hanno bisogno dell'anione $(SO_4)^{2-}$, che di solito è scarso nelle grotte che si aprono in rocce carbonatiche.

Tra di essi, il più comune è il gesso, che è un solfato idrato di calcio $CaSO_4 * 2H_2O$.

Di solito, la sua origine è dovuta a due motivi: decomposizione di sostanza organica oppure presenza di solfuri entro la roccia. Il primo caso è più frequente nel Carso e il secondo nei monti del Friuli. Un'eccezione è rappresentata dalla già citata grotta in comune di Treppo Carnico (UD), dove il gesso deriva direttamente dalla roccia in cui si è formata.

Nel Carso, il gesso è stato identificato accanto o sopra i cumuli di guano di pipistrelli, in associazione a fosfati. È stato trovato anche in grotte d'interesse preistorico, dove si è svolta una certa attività biologica. Nelle zone prealpine e alpine, invece, la sua origine è legata alla presenza di solfuri dispersi nella roccia.

Ad esempio, l'ossidazione della pirite (FeS_2) dà luogo ad acido solforico (H_2SO_4), il quale reagisce poi con la calcite, producendo il gesso:

$2FeS_2$ (pirite)+$7O_2$+ $2H_2O$ → $2FeSO_4$+$2H_2SO_4$ (acido solforico)
H_2SO_4+$CaCO_3$ (calcite)+H_2O ↔ $CaSO_4$*$2H_2O$ (gesso)+CO_2

Le prime segnalazioni di questo minerale riguardano le Prealpi Giulie. Ancora nel 1916 G.B. De Gasperi descrisse la presenza di "concrezioni di gesso" nella "Grotta di Villanova" con queste parole: "piccoli, ma bei cristalli, fibrosi, aderenti alle pareti in gruppi ravvicinati alla base e aperti e rovesciati verso l'esterno come le linguette di un fiore di crisantemo." Aggiunse, poi: "Credo che la loro presenza si possa connettere con l'esistenza di nuclei di pirite nella brecciola calcarea nella quale è scavata la roccia"

È molto interessante notare, che già allora, si formularono quelle ipotesi genetiche che poi furono confermate dalle successive e più recenti ricerche.

Anidrite

Diffusione nelle grotte del FVG: rara. Formula chimica: $CaSO_4$. Colore: da incolore a blu pallido se puro, altrimenti bianco, grigio, rosa, marrone chiaro, ecc. se contiene impurità. Lucentezza: vitrea, perlacea, grassa. Opacità: da trasparente a translucida. Striscio: bianco o grigio chiaro. Fluorescenza: non fluorescente. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 3,499 (100), 2,849 (29), 2,3282 (20).

L'anidrite è un solfato di calcio anidro e si può ottenere anche riscaldando il gesso.

È un minerale raro nelle grotte, perché questi ambienti perennemente molto umidi e freschi favoriscono la formazione e la stabilità del gesso, che è un minerale idrato, piuttosto che dell'anidrite. Quest'ultima, tuttavia, è stata trovata nelle sabbie limose della Grotta in Località Duroni 6257/3610 Fr (Treppo Carnico; fig. 21) assieme a gesso e altri minerali. Probabilmente deriva dalla roccia, rappresentata dalla Formazione a Bellerophon del Permiano sup. Per ulteriori informazioni si veda il successivo paragrafo sul gesso.

Gesso

Diffusione nelle grotte del FVG: moderatamente diffuso, ma di solito in scarse quantità, tranne poche eccezioni. Formula chimica: $CaSO_4$*$2H_2O$. Colore: incolore se puro, altrimenti bianco, rosa, marrone, giallo, ecc. a seconda delle impurità. Lucentezza: da vitrea a perlacea. Opacità: da trasparente a translucida. Striscio: bianco. Fluorescenza: giallo arancio. Riflessi

Fig. 21 - La Grotta in località Duroni (Treppo Carnico, Alpi Carniche), scavata nei gessi del Permiano (foto A. D'Andrea).
- *The Grotta in località Duroni (Treppo Carnico, Carnic Alps), excavated in the Permian gypsum (photo by A. D'Andrea).*

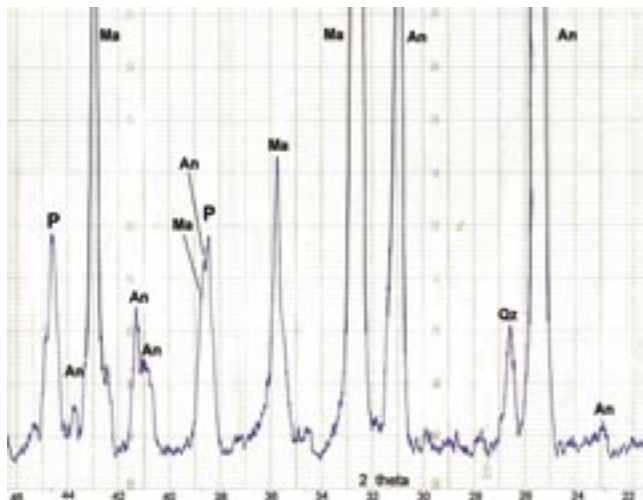



Fig. 22 - Parte centrale del diffrattogramma originale (anno 1999) dove era stata identificata l'anidrite, in un campione di sabbia limosa raccolto da A. Mocchiutti nella Grotta in Località Duroni 6257/3610 Fr. An = anidrite; Ma = magnesite; Qz = quarzo; P = riflesso del portacampioni. Come si può notare, anche la magnesite era abbondante, infatti, i riflessi principali dei due minerali andavano fuori scala.
- *Central part of the original diffractogram (1999) where it was identified as anhydrite, in a sandy loam sample collected by A. Mocchiutti in the Grotta in Località Duroni 6257/3610 Fr. An = anhydrite; Ma = magnesite; Qz = quartz; P = reflection of the sample holder. As you can see, even the magnesite was plentiful, in fact, the main highlights of the two minerals were off the charts.*

principali alla diffrattometria a raggi X: 7,63 (100), 4,283 (100), 3,065 (75).

Come è stato osservato in precedenza, il gesso era stato segnalato, ancora nel 1916 da G.B. De Gasperi nella "Grotta di Villanova", ora conosciuta come Grotta Doviza 13/70 Fr (Monti La Bernadia, Lusevera, fig. 23). Poi, nel 1953, anche Feruglio parlò della sua presenza nella stessa grotta e in anni più recenti fu confermato dalle ricerche di Mocchiutti (1991), Mocchiutti & Forti (1996) e da alcune analisi dei sedimenti eseguite da Cancian (1996). In particolare, Mocchiutti & Forti (1996) descrissero delle mineralizzazioni formate da incrostazioni cristalline di spessore fino a 2-5cm composte da cristalli millimetrici e dai tipici "fiori" di

Fig. 23 - Cristalli di gesso nella Grotta Dovizia (Lusevera, Prealpi Giulie, foto A. D'Andrea).
- *Crystals of gypsum in the Grotta Doviza (Lusevera, Julian Pre-Alps, photo by A. D'Andrea).*

gesso (fig. 23), che, nel caso più singolare, raggiungono i 7 cm di diametro.

Mocchiutti (1995, 1996) si occupò anche delle mineralizzazioni gessose nella Grotta Nuova di Villanova 939/323 Fr e in seguito segnalò altri interessanti ritrovamenti nella Grotta di Canebola 2370/1080 Fr (Faedis), che è una risorgiva a sviluppo sub-orizzontale, lunga 1400 metri. Qui, il minerale compare nella "Galleria del sale", così chiamata per la presenza di una miriade di piccoli cristalli lungo le pareti e talvolta nel soffitto. Anche in queste circostanze è stato ipotizzato che lo zolfo, costituente essenziale per la formazione del gesso, derivi dall'evoluzione e alterazione dei minerali ferrosi presenti nella roccia.

Fig. 24 - Incrostazione di gesso (Grotta a N del Monte Cavallo di Pontebba 4984/2754 Fr).
- *Gypsum encrustation (Grotta a N del Monte Cavallo di Pontebba 4984/2754 Fr).*

Fig. 25 - Piccole concrezioni formate da calcite rivestita da gesso, che si è accumulato soprattutto sulla punta, formando una specie di cappuccio (Grotta a N del Monte Cavallo di Pontebba 4984/2754 Fr).
- *Small concretions formed by calcite covered by gypsum, which has accumulated above the tip, forming a kind of cap (Grotta a N del Monte Cavallo di Pontebba 4984/2754 Fr).*

Meno frequenti, invece, sono le segnalazioni, corredate da documentazioni, nel settore occidentale delle Prealpi Carniche. Tra queste, si ricorda una piccola e tozza stalattite della Grotta "The Flintstones" 6440/3737 Fr, costituita da calcite nella parte interna e da gesso come rivestimento esterno (Cancian 2002). Anni dopo, un secondo ritrovamento è stato fatto nella galleria iniziale della Ciase de lis Aganis 229/115 Fr (Vito d'Asio). In questo caso, però, si trattava di una masserella molto modesta di gesso, intimamente associato a brushite, che è un fosfato di calcio, ma, questa volta, l'origine di entrambi i minerali è da ricollegarsi alla presenza di guano.

Nei monti del Friuli, il gesso è stato trovato anche a quote più alte. Ad esempio, uno studio mineralogico prese in esame la Grotta a N del Monte Cavallo di Pontebba 4984/2754 Fr (fig. 24), che si apre a 1950 m di quota nei calcari del Devoniano (Cancian 1994). Qui fu identificato, da solo o associato ad altri minerali, nel pavimento e in diversi tipi di concrezioni: incrostazioni parietali, coralloidi, eccentriche, latte di monte. Particolarmente curiose furono alcune piccole stalattiti eccentriche o ramificate, dalle dimensioni di qualche centimetro o poco più, infatti, erano costituite da calcite, col tratto terminale ricoperto da una specie di cappuccio gessoso (fig. 25). È interessante ricordare che, durante le ricognizioni si trovarono dei cristalli di pirite, in parte alterata, entro la roccia calcarea, perciò è logico supporre che questa sia la fonte dello zolfo necessario per la formazione del gesso.

Sempre nelle zone d'alta quota, le analisi hanno dimostrato la presenza di questo minerale in un campione di limo sabbioso dell'Abisso Procopio 7480/4507 Fr (Monte Canin), che si apre ad una quota di 1908 m. Anche in questo caso, la sua genesi è legata alla presenza di piccoli cristalli di pirite nella roccia, che effettivamente furono osservati e analizzati (Cancian et al. 1997).

Alcune segnalazioni della presenza del gesso in grotte delle Alpi Carniche sono state date anche da Mocchiutti (2004).

Per quanto riguarda la zona alpina, ma a quote più basse, è interessante ricordare che l'unica cavità naturale della Regione, che si sviluppa totalmente entro litotipi gessosi, è la Grotta in Località Duroni 6257/3610 Fr, che si apre alla quota di 785 m nel territorio di Treppo Carnico (fig. 21), per uno sviluppo di 33 m (Mocchiutti 1999). Più precisamente si sviluppa nella Formazione a Bellerophon del Permiano superiore, costituita da gessi saccaroidi e intercalazioni di dolomie scure.

In questa cavità furono osservate e analizzate delle incrostazioni chiare formate prevalentemente da gesso. Questo minerale, molto solubile, è stato trasportato in soluzione dalle acque di percolazione e poi depositato, perciò può essere considerato un "minerale di grotta". Altre analisi hanno riguardato le patine scure e i sedimenti limosi argillosi del suolo, dove, oltre al gesso

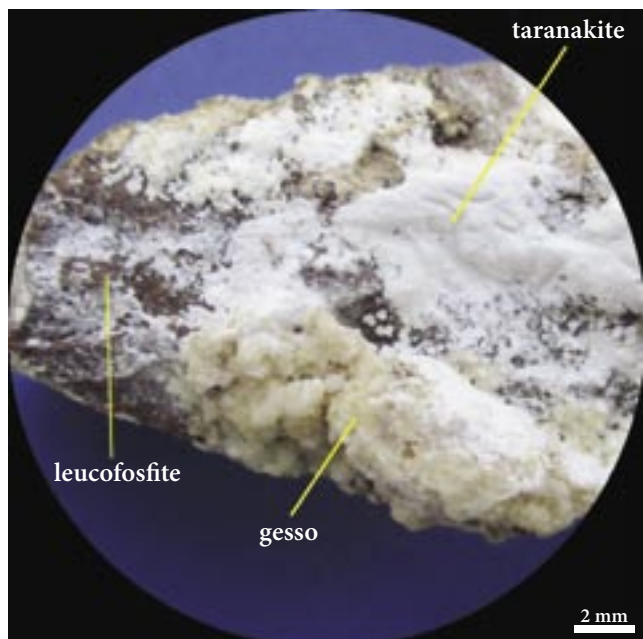



Fig. 26 - Visione al microscopio di un nodulo di leucofosfite (parte marrone con sfumature violacee), raccolto nell'Abisso di Fernetti 74/88 VG alla profondità di 165 m. La superficie è ricoperta da cristalli di gesso e taranakite molto soffice.
- *Vision under the microscope of a nodule of leucophosphite (part brown with shades of violet), collected in the Abisso di Fernetti 74/88 VG at a depth of 165 m. The surface is covered with gypsum crystals and very soft taranakite.*

Fig. 27 - I minerali di grotta non si presentano sempre in maniera attraente e bene cristallizzati. In questo caso, ad esempio, consistono in straterelli irregolari e masserelle tenere, microcristalline e criptocristalline, nel riempimento argilloso della Grotta Azzurra di Samatorza 34/257 VG. La parti bianche sono costituite da calcite e da gesso. Sono presenti anche crosticine di idrossiapatite e sostanza organica (parte nerastra).
- *The minerals of the cave does not always occur in an attractive and well crystallized form. In this case, for example, they consist of irregular thin levels and small masses hold, microcrystalline and criptocrystalline, in the clay filling the Grotta Azzurra di Samatorza 34/257 VG. The white parts are constituted by calcite and gypsum. There are also scabs of hydroxyapatite and organic matter (blackish part).*

sono stati identificati: anidrite, dolomite, magnesite, fillosilicati, feldspati.

Nelle grotte del Carso, invece, il gesso compare quasi sempre associato a fosfati, dove vi è presenza di sostanza organica, come il guano dei pipistrelli. Un buon esempio è stato descritto nell'Abisso di Fernetti 74/88 VG (Cancian & Principalle 1995).

Un'altra segnalazione riguarda uno scavo nel deposito di riempimento della Grotta Due Piani 1166/4253 VG (Carso Goriziano), lungo il quale si trovarono vari minerali e tra questi: gesso, taranakite, gibbsite, goethite, todorokite, calcite, allofane. Il gesso aveva l'aspetto di tenere masserelle biancastre ed era presente poco sotto la superficie e alla profondità di 3,5 metri (Cancian & Principalle 1997).

È stato rinvenuto, sempre in modeste quantità, anche in grotte frequentate dall'uomo preistorico, come nella Caverna Pocala 173/91 VG (Cancian & Principalle 1991) e nella Grotta Azzurra 34/257 VG (Cancian & Principalle 2009).

Idrobasalumite

Diffusione nelle grotte del FVG: raro, per ora trovata solo in tracce. Formula chimica: $Al_4(SO_4)(OH)_{10}$*12-36H_2O. Colore: incolore, giallo pallido, bianco. Lucentezza: terrosa. Opacità: da trasparente a translucida. Striscio: bianco. Fluorescenza: n.d. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 12,6 (100), 6,18 (70), 5,29 (70), 4,70 (70).

Si tratta di un solfato idrato di alluminio. Per parziale disidratazione si trasforma irreversibilmente in basalumite. Nelle grotte della Regione, questo minerale è stato identificato molto raramente e sempre in scarse quantità. In particolare è stato segnalato, solo in tracce, in un campione di limo sabbioso dell'Abisso Procopio 7480/4507 Fr (Massiccio del Monte Canin) in associazione a gesso (Cancian et al. 1997). Con tutta probabilità è un prodotto di reazioni chimiche tra acido solforico e minerali argillosi. L'acido solforico, a sua volta, deriva dall'ossidazione di piccoli cristalli di pirite dispersi nella roccia carbonatica, che furono effettivamente trovati.

Fosfati

È noto che i fosfati si rinvengono soprattutto dove esistono dei depositi di guano e ciò accade facilmente nelle grotte frequentate dai pipistrelli. Nelle cavità del Friuli, la presenza di minerali diversi dalla calcite, entro o in prossimità del guano, era stata osservata già parecchio tempo fa, però, di solito, la loro precisa catalogazione non fu eseguita, probabilmente a causa della mancanza di strumentazioni analitiche adatte, che si sono diffuse solo più tardi. Ad esempio, ancora nel 1899, A. Tellini, occupandosi della Grotta di Robic, ora in Slovenia, così

scrive: " In quest'ultima ci sono due discreti depositi di guano di pipistrelli. Ha questo l'aspetto di una massa spugnosa, soffice, di colore bruno, con scagliette azzurrine, metalliche; disseminato di concrezioni biancastre; offre una certa resistenza ad essere rotto per i caratteristici peli dei pipistrelli che lo collegano, e tramanda odore urinario penetrante, specie dalle rotture recenti, Al microscopio si scorge che la massa principale è costituita da pezzetti di dermascheletro di insetti mangiati dai pipistrelli e da peli. I pezzetti bianchi sono costituiti di cristallini incolori, diafani, insolubili nell'acqua, che pare siano di ossalato di calcio. Questa sostanza manca nel guano di San Giovanni d'Antro ed attesterebbe la maggiore antichità del deposito di Robic."

Come si vede, già allora ci si accorse che nel guano si possono formare dei minerali interessanti, anche se i fosfati non furono citati. La presenza del fosforo nelle grotte, però, era nota da tempo. Ad esempio, nel libro Theoretische Speläologie di G. Kyrle, edito nel 1923, si trova addirittura un capitolo intitolato "Höhlenphosphate", mentre, nel 1928 C. Borghi segnalò la presenza di P_2O_5 nel deposito della Caverna Pocala (Carso Triestino).

Le prime ricerche sistematiche nelle grotte del Friuli Venezia Giulia, finalizzate all'identificazione dei singoli

Fig. 28 - Galleria inferiore della Grotta Due Piani 1166/4253 VG. La foto risale al 1977: in quegli anni, non ci si era ancora accorti della presenza di fosfati, nonostante comparissero in alcuni piccoli scavi, eseguiti probabilmente a scopo di ricerche archeologiche. La freccia indica uno degli scavi. Questi materiali, formati da masserelle e straterelli biancastri, di consistenza pastosa, furono analizzati nel 1984. Da questa data e da questo luogo, iniziò, poi, una lunga serie di ricerche sui fosfati di grotta.
- *Lower gallery of the Grotta Due Piani 1166/4253 VG. The photo dates back to 1977: in those years, he had not noticed the presence of phosphates, despite burst into some small excavations, probably carried out for the purpose of archaeological research. The arrow indicates one of the excavations. These materials consist of small masses and thin levels whitish, pasty, and were analyzed in 1984. From this date, and from this place, it began, then, a long series of research on cave phosphate.*

fosfati, tuttavia, hanno una data precisa. Iniziano, infatti, nel 1984, nella Grotta Due Piani o Grotta a Est di San Martino 1166/4253 VG nel Carso goriziano, quando il prof. Silvio Chiorboli dell'Università di Ferrara, coadiuvato dallo scrivente e dagli speleologi del Centro Ricerche Carsiche "Seppenhofer", eseguì una meticolosa raccolta di campioni, che poi furono analizzati tramite la diffrattometria a raggi X. In quell'occasione si ebbe la sorpresa di scoprire quest'associazione: brushite, idrossiapatite, taranakite e francoanellite.

La scoperta fece scaturire immediatamente una semplice considerazione: poiché il guano è presente in diverse altre cavità della Regione, allora, in questi luoghi, ci devono essere sicuramente altri fosfati. Sulla scorta di questo semplice ragionamento, furono eseguite diverse ricerche in varie grotte frequentate dai pipistrelli ed effettivamente si trovarono altri minerali, alcuni già noti e altri nuovi e persino molto rari. Tutte le analisi, successive alla prima campionatura nella Grotta Due Piani, proseguirono nell'Università di Trieste per oltre trent'anni.

Al momento sono note 8 specie: fosfati amorfi, brushite, crandallite, francoanellite, idrossiapatite, leucofosfite, fosfato octacalcico OCP, taranakite.

Brushite

Diffusione nelle grotte del FVG: diffusa nelle grotte dove ci sono depositi di guano. Formula chimica: $Ca(HPO_4)*2H_2O$. Colore: incolore, bianco, bianco giallastro, giallo avorio. Lucentezza: da vitrea a perlacea. Opacità: da trasparente a translucida. Striscio: bianco. Fluorescenza: giallo. Altre caratteristiche: piezoelettrica. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 7,62 (100), 3,80 (31), 1,90 (10).

È un fosfato molto comune nelle grotte dove vi è presenza di guano. Dalla decomposizione di questo materiale, infatti, si originano delle soluzioni fosfatiche che reagiscono chimicamente con i calcari, che forniscono il calcio.

Normalmente si presenta con l'aspetto di tenere masserelle, lenti o incrostazioni di materiale biancastro o giallo avorio. Spesso la brushite è associata ad altri minerali, che hanno un aspetto simile, perciò il suo riconoscimento sicuro è possibile tramite la diffrattometria a raggi X. In questo caso, bisogna fare attenzione perché i suoi riflessi sono uguali a quelli del gesso. A complicare la situazione, anche quest'ultimo minerale è frequente nei depositi di guano e può addirittura coesistere con la brushite.

Per questi motivi, per distinguere con sicurezza i materiali esaminati, dopo una prima scansione al diffrattometro, sono stati eseguiti dei riscaldamenti a 220°C. In questa maniera si elimina l'acqua e si formano nuovi minerali. Se compaiono i riflessi della monetite - $CaHPO_4$ - allora, il campione di partenza era la brushite; se, invece, compaiono i riflessi dell'anidrite - $CaSO_4$ - il minerale di partenza era il gesso.

Nelle grotte della Regione, la brushite è stata segnalata, per la prima volta, nella Grotta Due Piani 1166/4253 VG (Carso Goriziano, fig. 28; Cancian 1985). In seguito, sempre nel Carso, è stata identificata nella Grotta delle Gallerie 290/420 VG (Cancian 1985), nella Grotta Azzurra 34/257 VG (Cancian 1985; Cancian & Princivalle 2009), nell'Abisso Bonetti 393/765VG (Cancian et al. 1992), nella Grotta dell'Artiglieria 1625/4505 VG (Mantoani & Mirifico 1994), nell'Abisso di Fernetti 74/88 VG (Cancian & Princivalle 1995) e in varie altre ancora. Più scarse, invece, sono le segnalazioni nelle zone alpine e prealpine. Tra queste, di particolare interesse è una segnalazione nel Foran des Aganis 122/48 Fr (Prestento di Torreano). Qui la brushite si presenta come incrostazioni o piccolissimi coralloidi. Inoltre, in una nicchia sono state segnalate due piccole stalattiti di questo minerale, lunghe tre centimetri, di colore giallo-arancio, con superficie rugosa e irregolare. L'interesse del ritrovamento deriva dal fatto che si è potuto verificare che questo minerale può essere trasportato in soluzione dalle acque di percolazione, nonostante la sua bassa solubilità e dare origine a speleotemi. Anche in questo caso, tuttavia, l'origine della brushite è posta in relazione alla presenza di guano di pipistrelli (Forti & Mocchiutti 1994; Mocchiutti 1997).

Tenere e piccole masserelle di brushite sono state trovate dallo scrivente anche nel primo tratto della Ciase de lis Aganis 229/115 Fr (Vito d'Asio), assieme a gesso.

Crandallite

Diffusione nelle grotte del FVG: molto rara. Formula chimica: $CaAl_3(PO_4)_2(OH)_5 * H_2O$ (talvolta la formula chimica è scritta anche in altre maniere). Colore: incolore, da bianco a grigio chiaro, a volte giallo o giallo chiaro. Lucentezza: opaca, vitrea, perlacea. Opacità: da trasparente a translucida, ma anche opaca. Striscio: bianco. Fluorescenza: non fluorescente o bianco azzurro. Altre caratteristiche: piezoelettrica. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 2,97 (100), 2,18 (45), 5,75 (35). Sono riportati anche altri valori, ad esempio JCPDS 25-119: 2,93 (100), 5,70 (80), 1,89 (80).

È stata trovata soltanto nell'Abisso Bonetti 393/765 VG, con altri fosfati, in prossimità di accumuli di guano presenti nella grande sala interna, alla profondità di circa 40 metri. Sulla scorta dei dati riportati nel libro Cave Minerals of the World (Hill & Forti 1997), sembra che questa sia stata la prima segnalazione in una grotta italiana.

Nell'Abisso Bonetti compariva in tre aspetti diversi: patine grigie sopra un fosfato amorfo di Ca e Al, piccole incrostazioni disperse nel guano e masserelle tenere, grigio scure, talvolta granulose, entro i sedimenti argillosi.

Un'analisi chimica aveva dimostrato una concentrazione di P_2O_5 pari al 56%, cioè in eccesso rispetto a quanto contenuto normalmente nella crandallite (da

d	I/I0	d	I/I0
5,67	30	2,155	29
4,84	17	1,996	2
3,493	48	1,894	31
2,971	74	1,838	5
2,931	100	1,794	5
2,838	6	1,752	33
2,691	12	1,684	6
2,430	8	1,662	1
2,268	2	1,644	1
2,203	22	1,598	4

Tab. III - Spettri di polveri (diffrattometria raggi X) della crandallite proveniente dall'Abisso Bonetti 393/765 VG.
- *Powders spectra (X-ray diffraction) of crandallite coming from the Abisso Bonetti 393/765 VG.*

27,09% a 34,28%). Ciò potrebbe essere spiegato con la presenza di qualche fase amorfa che, in effetti, poi è stata identificata (Cancian et al. 1992).

Fosfati amorfi

Durante e ricerche nell'Abisso Bonetti 393/765 VG fu isolato un fosfato amorfo, quindi non identificabile tramite la diffrattometria a raggi X. Per questo motivo, venne eseguita un'analisi chimica, che diede questi risultati, espressi in %.

SiO_2	1,8	MgO	0,1
Al_2O_3	22,0	K_2O	0,2
$FeO_{(tot)}$*	0,2	P_2O_5	26,8
CaO	13,3	H_2O	35,6

* il ferro è espresso come ferro totale.

In definitiva si tratta di un fosfato di calcio e alluminio che, con tutta probabilità, è un precursore della crandallite (Cancian et al. 1992).

Una fase amorfa di fosfati è stata osservata anche nel primo tratto del Fontanon di Goriuda 20/1 Fr dove, sulla parete, si notò qualche masserella di latte di monte (mondmilch), molle, biancastra, formata prevalentemente da calcite. In alcuni casi, queste masserelle erano ricoperte da una sostanza verde scuro e bruna, che, alla diffrattometria a raggi X, risultò amorfa. Quando il materiale fu lasciato asciugare naturalmente, per oltre un mese, comparvero i riflessi molto deboli dell'idrossiapatite, che risultarono più intensi dopo riscaldamento a 350 gradi (Cancian et al. 2009).

Francoanellite

Diffusione nelle grotte del FVG: molto rara. Formula chimica: $H_6(K, Na)_3(Al, Fe^{3+})_5(PO_4)_8 * 13 H_2O$ oppure $(K,Na)_3(Al,Fe^{3+})_5(PO_5)_2(PO_3OH)_6 * 12H_2O$. Colore: bianco giallastro. Lucentezza: non ci sono dati. Opacità: semitrasparente. Striscio: bianco. Fluorescenza: non ci sono dati. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 13,83 (100), 3,40 (65), 2,799 (62).

È un fosfato raro e curiosamente si può dire che è "tipicamente italiano e speleologico", infatti, è stato

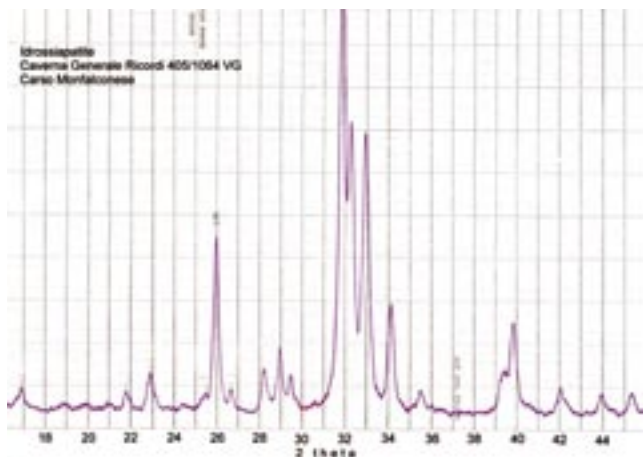



Fig. 29 - Parte di un diffrattogramma (raggi x) di un'incrostazione di idrossiapatite. Questo fosfato ha la caratteristica di produrre tre riflessi molto vicini, tra 31,5° e 33,5° (2 theta). Se il minerale è bene cristallizzato, come in questo caso, i tre riflessi sono bene distinti.
- *Part of a diffractogram (x-ray) of an inlay of hydroxyapatite. This phosphate has the characteristic to produce three very close reflections, between 31.5° and 33.5° (2 theta). If the mineral is well crystallized, as in this case, the three reflections are well distinct.*

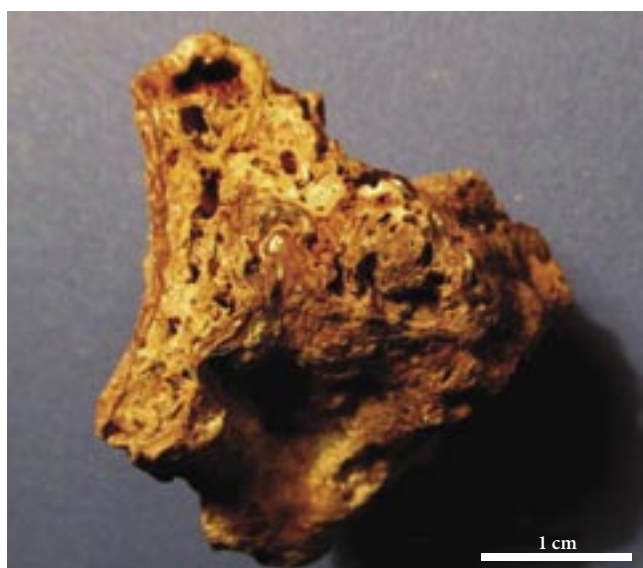



Fig. 30 - Una concrezione di idrossiapatite proveniente dalla Grotta Due Piani 1166/4253 VG nel Carso Isontino.
- *A concretion of hydroxyapatite from the Grotta Due Piani 1166/4253 VG in Isonzo Karst.*

segnalato per la prima volta nel 1976 nelle Grotte di Castellana (Balenzano et al. 1976) e poi nella Grotta della Rondinella, sempre in Puglia (Balenzano et al. 1979). Quando fu riconosciuto anche nella Grotta Due Piani 1166/4253 VG (Carso goriziano) si trattò della terza segnalazione in assoluto (Chiorboli 1984). In questo caso, la francoanellite compariva, assieme ad altri fosfati, in un piccolo scavo nella galleria inferiore, con l'aspetto di crosticine bianco giallastre che si riducevano facilmente in polvere con la sola pressione delle dita. I principali riflessi alla diffrattometria a raggi X furono: 13,81 (100), 3,414 (100), 2,805 (86), 7,406 (63), 4,301 (63), 5,556 (58), 3,040 (57), 3,153 (50), 6,070 (49), 4,152 (45).

Questo fosfato è molto simile alla taranakite, infatti, se ne differenzia solo per avere un minor contenuto d'acqua. È stato ottenuto anche artificialmente in laboratorio, per riscaldamento della taranakite a 95°C (Haseman et al. 1951) o a 140°C (Balenzano et al. 1974).

Idrossiapatite

Diffusione nelle grotte del FVG: diffusa dove ci sono depositi di guano o dove vi è presenza di ossa. Formula chimica: $Ca_5(PO_4)_3(OH)$. Colore: incolore, bianco, grigio, giallo, giallo verastro. Lucentezza: da vitrea a sub resinosa, ma anche cerea e terrosa. Opacità: da trasparente a translucida, ma anche opaca. Striscio: bianco. Fluorescenza: giallo. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 2,814 (100), 2,778 (60), 2,720 (60).

Tra i vari fosfati di grotta, questo è il più comune e il più stabile in varie condizioni ambientali.

Si tratta di un fosfato di calcio che contiene il gruppo (OH) ed è il principale componente delle ossa. In certi casi, una parte del gruppo PO_4 può essere sostituita da CO_3 e allora il minerale prende il nome di carbonato-idrossiapatite, che fino al 2008 era considerata una specie a sé stante. La composizione, però, può subire altre variazioni: ad esempio il gruppo (OH) può essere sostituito dal fluoro (F) e allora si tratta di fluorapatite, oppure dal cloro (Cl) e allora si tratta di clorapatite.

Nelle grotte, questo minerale compare in diversi aspetti. È facilmente individuabile nelle cavità abitate dai pipistrelli perché forma delle tipiche incrostazioni marrone, marrone-giallastre, nerastre, nella volta, nelle

Fig. 31 - Noduli di idrossiapatite trovati nel fondo della Grotta Azzurra di Samatorza 34/257 VG.
- *Nodules of hydroxyapatite found in the bottom of the Grotta Azzurra di Samatorza 34/257VG.*

pareti e nei massi sul pavimento. Talvolta si tratta solo di sottili pellicole ma, altre volte, si tratta di incrostazioni dure o di vere e proprie concrezioni.

L'idrossiapatite è presente anche nei depositi di riempimento limosi-argillosi sotto forma di masserelle, crosticine e noduletti.

È un minerale molto facile da distinguere tramite la diffrattometria a raggi X perché i tre riflessi principali (d = 2,81 - 2,78 - 2,72 Å) sono molto vicini tra di loro e formano una caratteristica tripletta, che serve anche per stimare il grado di cristallinità. Quando il minerale è bene cristallizzato, infatti, i tre riflessi sono bene separati, mentre quando il grado di cristallinità è basso, i tre riflessi non sono bene separabili o addirittura può succedere che si fondano tra di loro (Cancian et al. 1989).

L'idrossiapatite è stata segnalata in diverse grotte del Carso, dove vi è presenza di guano o in quelle che sono state frequentate dall'uomo primitivo, come nella Caverna Pocala 173/91VG (Cancian & Principalle 1991), nella Grotta di Pogrize 3698/5175 VG (Cancian 1995) e nella Grotta Azzurra di Samatorza 34/257 VG (fig. 31, Cancian & Principalle 2009).

Un po' più scarse, invece, sono le segnalazioni nelle zone alpine e prealpine. Alcune incrostazioni di questo minerale sono state esaminate dallo scrivente nella Grotticella di Arpide 4106/2328 Fr (Pulfero), nella Velika Jama 164/13 Fr (Savogna; Cancian & Principalle 1997), nella Grotta di Monteprato 139/59 Fr (Nimis), nella Ciase de lis Aganis 229/115 Fr (Vito d'Asio) e nella Grotta Ma Che Liberazione (Monte Ciaurlèc; Cancian & Concina 2016).

Un campione di idrossiapatite, formato da una masserella biancastra, è stato identificato anche nell'Abisso 3° del Monte Picut 3261/1964 Fr (Massiccio del Monte Canin), alla profondità di 135-140 metri (Cancian & Principalle 2011). In questo caso, la sua genesi è ancora oscura, poiché è difficile pensare a decomposizione di sostanze organiche a quelle temperature così basse (pochi gradi sopra lo zero).

Fig. 32 - Nodulo cavo proveniente dall'Abisso di Fernetti 74/88 VG, alla profondità di 165 m. L'incrostazione esterna, di colore marrone, visibile soprattutto nel lato sinistro della foto, è costituita da leucofosfite. Sulla superficie si sono depositati il gesso e la taranakite. L'interno del nodulo contiene argilla.
- *Drilled nodule coming from the Abisso di Fernetti 74/88 VG, at a depth of 165 m. The external fouling, brown in color, especially visible in the left side of the picture, is constituted by leucofosfite. On the surface there are deposits of gypsum and taranakite. The interior of the nodule contains clay.*

Leucofosfite

Diffusione nelle grotte del FVG: molto rara. Formula chimica: $KFe_3^{3+}(PO_4)_3(OH)*2H_2O$. Colore: da bianco a verdastro, marrone chiaro, giallo marrone, marrone arancio, brunastro viola. Lucentezza: vetrosa fosca. Opacità: da trasparente a translucida. Striscio: bianco. Fluorescenza: non ci sono dati a disposizione. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 6,79 (100), 5,99(70) 3,061 (70).

Si tratta di un fosfato idrato di potassio e ferro, trovato soltanto nell'Abisso di Fernetti 74/88 VG (Carso

campione 1		campione 2	
d	I/I0	d	I/I0
7,64	35	7,56	35
6,81	88	6,76	84
6,06	84	6,03	82
6,00	100	5,97	100
4,77	33	4,74	28
4,26	21	4,28	19
4,22	20	4,22	20
4,10	14	4,08	11
3,808	10	3,784	11
3,642	7	3,644	8
3,530	8	3,532	6
3,380	18	3,370	12
3,242	4	3,234	3
3,223	5	3,214	3
3,064	48	3,055	38
3,012	38	3,012	32
2,990	36	2,988	39
2,962	13	2,953	20
2,910	30	2,898	25
2,834	47	2,823	40
2,690	25	2,687	14
2,666	29	2,658	26
2,590	12	2,574	10
2,550	7	2,540	10
2,482	5	2,486	6
2,460	14	2,445	12

Tab. IV - Spettri di polveri (diffrattometria raggi X) di due campioni di leucofosfite provenienti dall'Abisso di Fernetti 74/88 VG.
- *Powders spectra (X-ray diffraction) of two samples of leucofosfite coming from the Abisso di Fernetti 74/88 VG.*

Triestino), alla ragguardevole profondità di 165 metri (Cancian & Princivalle 1995). Pare, infatti, che, per ora, questa sia la maggiore profondità dove sono stati trovati e studiati dei fosfati in Friuli Venezia Giulia (fig. 32). Dalla bibliografia a disposizione, sembra, inoltre, che questo ritrovamento sia stato il primo in una grotta italiana (Hill & Forti 1997).

Anche in questo caso, la sua genesi è legata all'azione del guano dei pipistrelli con i sedimenti argillosi che hanno fornito il ferro e il potassio. Si presenta con l'aspetto di crosticine di colore marrone con sfumature violacee e con curiosi noduli cavi, dello stesso colore, lunghi alcuni centimetri, contenenti argilla. È stata trovata in associazione a gesso, minerali argillosi e subordinatamente anche a taranakite e scarsa brushite.

L'analisi chimica, invece, ha dato i seguenti risultati, espressi in %:

SiO_2	17,53	Na_2O	0,22
Al_2O_3	7,87	$(NH_4)_2O$	7,20
$FeO_{(tot)*}$	17,78	TiO_2	0,59
CaO	0,43	P_2O_5	24,28
MgO	0,51	H_2O^-	5,25
K_2O	1,38	H_2O^+	14,85

* il ferro è espresso come ferro totale.

Tra gli elementi in traccia, particolarmente interessanti sono: bario (703 ppm), cromo (339 ppm), zirconio (172 ppm) e rubidio (107 ppm).

L'argilla contenuta entro le concrezioni cave di leucofosfite era costituita in netta prevalenza da illite e da quarzo. L'analisi diffrattometrica dimostrò che si trattava di "illite aperta" perché il riflesso era asimmetrico, inoltre mancavano, o erano appena accennati, i riflessi degli altri fillosilicati che normalmente si trovano nelle "terre rosse" del Carso (clorite, caolinite, smectite).

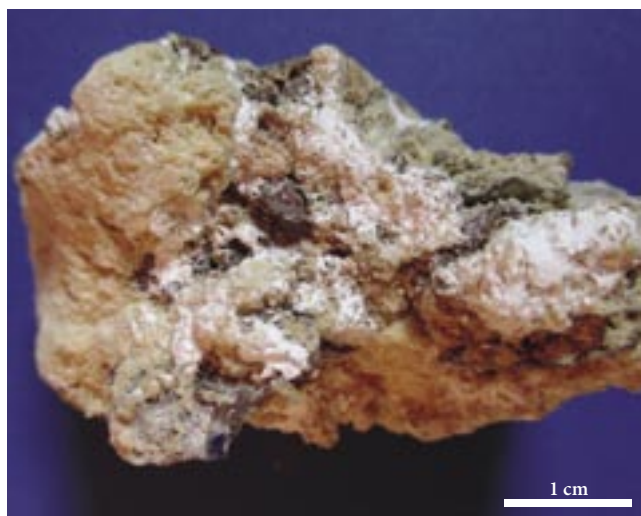



Fig. 33 - Campione proveniente dall'Abisso Bonetti 393/765 VG. Concrezione formata da un'associazione di idrossiapatite, crandallite e fosfato octacalcico (OCP).
- *Specimen derived from the Abisso Bonetti 393/765 VG. Concretion formed by an association of hydroxyapatite, crandallite and octacalcic phosphate (OCP).*

OCP - Fosfato octacalcico (calcium hydrogen phosphate idrate)

Diffusione nelle grotte: molto raro. Formula chimica: $Ca_8H_2(PO_4)_6*5H_2O$. Colore: bianco, bianco giallastro, grigio chiaro.

È una sostanza ben conosciuta in chimica, biologia e medicina, soprattutto negli studi che riguardano le ossa e i denti. Non è considerata, però, un minerale ed è stata identificata soltanto nell'Abisso Bonetti 393/765 VG (Cancian et al. 1992). Riteniamo doveroso segnalarla ugualmente poiché si è formata in grotta.

In questo caso, il fosfato octacalcico - OCP - è stato trovato in prossimità di cumuli di guano e altri fosfati e aveva l'aspetto di fragili crosticine, piccole, bianche o grigio chiaro oppure di un materiale tenero, bianco giallastro, talora di aspetto grumoso. Al microscopio sono stati osservati anche dei granuli opachi, bianchi e numerosi aghetti di lucentezza vitrea.

Nei campioni, analizzati tramite la diffrattometria a raggi X, era sempre associato a idrossiapatite, spesso in proporzioni quasi uguali. È facilmente identificabile poiché dà luogo a un forte riflesso a 18,7 Å, di intensità stabilita a 300 dal cartellino JCPDS 26-1056. Quando il campione è stato riscaldato a 250° C la struttura è collassata e i suoi riflessi sono scomparsi.

Si ritiene che sia un precursore metastabile dell'idrossiapatite, considerato, tra l'altro, che entrambi sono dei fosfati di calcio e che, nell'Abisso Bonetti (fig. 33) sono sempre associati. Anche secondo Nanchollas (1984) l'OCP è un precursore dell'idrossiapatite e la sua esistenza è regolata da vari fattori, tra cui il grado di supersaturazione delle soluzioni, il pH e l'eventuale presenza di ioni estranei.

Taranakite

Diffusione nelle grotte del FVG: diffusa nelle grotte dove sono presenti depositi di guano. Formula chimica: $K_3Al_5(HPO_4)_6(PO_4)_2*18(H_2O)$. Colore: incolore, bianco, bianco giallastro, grigio chiaro. Opacità: trasparente. Striscio: bianco. Fluorescenza: non fluorescente. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 15,82 (100), 3,82 (40), 3,14 (31).

Nel Friuli Venezia Giulia la taranakite è stata identificata, per la prima volta, nella Grotta Due Piani 1166/4253 VG (Cancian 1985). A quel tempo era considerata molto rara in ambiente speleologico, poi, le successive ricerche, hanno dimostrato, in realtà, una discreta diffusione nelle grotte frequentate, ora o in passato, dai pipistrelli. Ad esempio, è stata segnalata nella Grotta dell'Artiglieria 1625/ 4505 VG (Mantoani & Mirifico 1994), nell'Abisso Bonetti 393/765 VG (Cancian et al. 1992), nell'Abisso di Fernetti 74/88 VG (Cancian & Princivalle 1995), nella Grotta Azzurra 34/257 VG (Cancian & Princivalle 2009) e in altre ancora. È curioso osservare che questo minerale, identificato più volte nelle grotte del Carso, per ora,

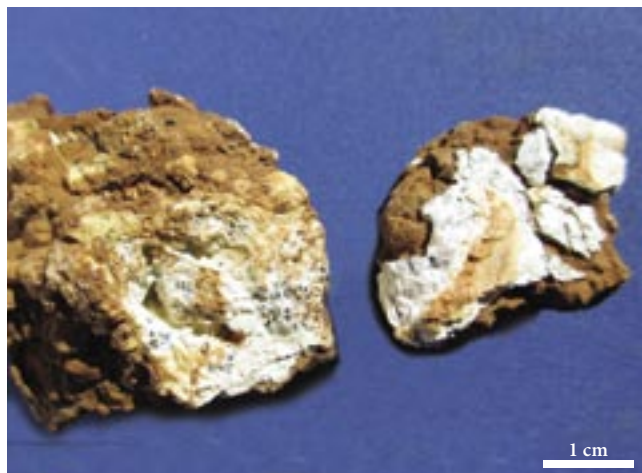



Fig. 34 - Allofane (parte bianca) su sedimenti argillosi (parte marrone). Provenienza: Grotta Due Piani 1166/4253 VG (Carso Goriziano).
- *Allophane (white part) on clayey sediments (brown part). From Grotta Due Piani 1166/4253 VG (Gorizia Karst).*

non è stato segnalato nelle grotte alpine e prealpine del Friuli.

La taranakite si forma per reazioni tra le soluzioni fosfatiche, dovute alla decomposizione del guano e i sedimenti argillosi, che forniscono il potassio e l'alluminio.

Normalmente compare con l'aspetto di masserelle o straterelli molto teneri, pastosi, biancastri o giallo avorio. A causa di quest'aspetto, in passato, quando ancora non si studiavano i fosfati di grotta, era stata scambiata dagli speleologi per qualche particolare "argilla bianca".

Silicati

I silicati sono una classe molto numerosa in mineralogia, però, nel Friuli Venezia Giulia sono poco conosciuti come "minerali di grotta", infatti, oltre al quarzo e alla silice amorfa, già descritti nel capitolo degli ossidi e idrossidi, si possono aggiungere solo l'allofane e alcuni fillosilicati.

Allofane (Allofanite)

Diffusione nelle grotte del FVG: raro. Formula chimica: $Al_2O_3*(SiO_2)_{1,3-2}*(H_2O)_{2,5-3}$. Colore: generalmente bianco ma anche blu pallido, marrone, verde, giallo. Lucentezza: da vitrea a terrosa, cerea. Opacità: translucido e talvolta opaco. Striscio: bianco. Fluorescenza: blu (UV onda corta). Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: poiché è un minerale amorfo, generalmente non provoca riflessi. In caso di una certa organizzazione cristallina, in letteratura sono riportati questi riflessi: 3,3 (100), 2,25 (20), 1,4 (10).

Questo minerale è stato identificato soltanto nella galleria inferiore della Grotta Due Piani 1166/4253 VG (Carso Goriziano) dove, in precedenza, erano già state eseguite altre ricerche mineralogiche (fig. 34; Cancian & Principalle 1994).

L'allofane compariva lungo uno scavo nel deposito argilloso, a partire da circa un metro di profondità, contenente, nella parte alta, anche guano, fosfati e gesso. Si presentava con l'aspetto di masserelle biancastre che, una volta asciugate, diventavano fragilissime, infatti, si rompevano al solo contatto delle dita. Alcune incrostazioni avevano una struttura sottilmente lamellare e al microscopio, si contarono fino a 15-18 lamelle per millimetro di spessore.

Furono eseguiti otto tracciati diffrattometrici, che evidenziarono delle bande irregolari di diffrazione e un solo evidente riflesso a ~ 3,35 Å. Un'analisi chimica diede, poi, questi risultati:

SiO_2	27,8 %	Na_2O	0,1 %
Al_2O_3	26,3 %	K_2O	0,3 %
Fe_2O_3	0,2 %	P_2O_5	3,3 %
CaO	4,4 %	L.O.I.	37,6 %

L.O.I = loss of ignition

La genesi del minerale sembra correlata all'acidità del terreno. Nei punti di raccolta, infatti, il pH era compreso tra 4,0 e 6,2, con una temperatura di 12,0°C.

Fillosilicati

Sono i principali costituenti dei depositi argillosi presenti delle grotte. Si riportano, qui di seguito, quelli che possono essersi formati, o aver subito delle trasformazioni, in ambiente ipogeo.

Caolinite

Diffusione nelle grotte del FVG: molto frequente nei sedimenti argillosi come materiale alloctono, ma scarso o ancora poco studiato come minerale di grotta. Formula chimica: $Al_2Si_2O_5(OH)_4$. Colore: bianco, giallastro, grigio chiaro, ma anche altri colori a seconda delle impurità. Lucentezza: da opaca a madreperlacea. Opacità: da translucido a opaca. Striscio: bianco. Fluorescenza: non fluorescente. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 7,17 (100), 1,49 (90), 3,58 (80). Altre proprietà: polimorfa con dickite, halloysite e nacrite. L'halloysite presenta delle molecole d'acqua d'interstrato.

Halloysite

Altro nome: endellite. Diffusione nelle grotte del FVG: rara o ancora poco studiata come minerale di grotta. Formula chimica: $Al_2Si_2O_5(OH)_4*2H_2O$. Colore: bianco verdastro, ecc. Lucentezza: priva di lucentezza, grassa. Opacità: da translucida a opaca. Striscio: bianco. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 10,0 (100), 4,36 (70), 3,35 (40) (per halloysite 10Å). Altre proprietà: l'halloysite presenta delle molecole d'acqua d'interstrato ed è polimorfa con dickite, caolinite e na-

crite. Riscaldata a circa 80° perde l'acqua molecolare e si trasforma, irreversibilmente, in halloysite 7 Å, detta anche meta-halloysite.

Illite

Diffusione nelle grotte del FVG: molto frequente nei sedimenti argillosi, ma raro o ancora poco studiato come minerale di grotta. Formula chimica: $(K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,(H_2O)]$. Colore: bianco, bianco grigio ma anche altri colori a seconda delle impurità. Lucentezza: perlacea. Opacità: translucida. Striscio: bianco. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 10,02 (100), 3,34 (100), 5.02 (50) (per il politipo 2M1). Presenta più politipi, ma è sempre caratterizzata da un riflesso principale attorno a 10 Å. Altre proprietà: la struttura è simile a quella della muscovite, ma è più irregolare. Inoltre, spesso si presenta in strati misti con montmorillonite.

Montmorillonite

Diffusione nelle grotte del FVG: molto frequente nei sedimenti argillosi, ma ancora poco studiato come minerale di grotta. Formula chimica: $(Na,Ca)_{0,3}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2{\star}n(H_2O)$. Colore: bianco, bianco grigio, giallo chiaro, giallo marroncino, rosa pallido ma anche altri colori a seconda delle impurità. Lucentezza: leggera, terrosa. Opacità: da translucida a opaca. Striscio: bianco. Fluorescenza: non fluorescente. Riflessi principali alla diffrattometria a raggi X: 15,0 (100), 4,50 (80), 5,01 (60), 3,02 (60). Altre proprietà: può fare interstrati con illite, caolinite, clorite. Fa parte del gruppo delle smectiti.

I fanghi di grotta sono costituiti da fillosilicati, quarzo, scarsi feldspati ed eventuali carbonati e sostanze amorfe. In quest'associazione, i fillosilicati hanno percentuali alte, mediamente tra il 40% e il 75%, ma, in certi casi, raggiungono o superano il 90%. Tra essi, l'illite è il più abbondante, seguita da clorite, caolinite e montmorillonite in proporzioni variabili (Cancian & Princivalle 2002; Lenaz et al. 2004). Solo raramente e in circostanze particolari, sono state riconosciute halloysite e palygorskite (Cancian & Princivalle 2000). È curioso osservare che palygorskite e meta-halloysite sono state identificate anche nei sedimenti trasportati dalle cosiddette "piogge di sabbia", perciò questi fillosilicati, di origine lontana, possono arrivare e depositarsi nelle zone carsiche della Regione (Cancian & Princivalle 2009).

La maggior parte dei sedimenti argillosi ha un'origine esterna, però un'altra parte, più limitata, può derivare anche dalla roccia in cui si è formata la grotta. Se ciò avviene nelle cavità che si sviluppano entro litotipi carbonatici, questa frazione è generalmente molto scarsa, però, se si sviluppano nel flysch, allora può essere più abbondante.

Per quanto riguarda le grotte del Carso Triestino e Goriziano, sono stati distinti tre tipi di sedimenti argillosi (Cancian & Princivalle 1999):
- tipo A: ha lo stesso colore e le stesse caratteristiche mineralogiche della "terra rossa" di superficie.
- tipo B: argille e limi giallastri, generalmente associati al livello delle sabbie quarzose. Spesso hanno un contenuto in caolinite superiore rispetto al tipo A;
- tipo C: argille formate da altissime quantità di fillosilicati (di solito > 90%) e scarso quarzo.

In questo caso, il tipo C, che è il più scarso, potrebbe essere il residuo della dissoluzione dei litotipi calcarei.

Dal punto di vista chimico, gli elementi più abbondanti sono la silice e l'alluminio, seguiti da ferro, calcio,

	%		ppm
SiO_2	55,8	cromo	415
TiO_2	1,2	nichel	172
$Al2O_3$	23,2	rubidio	169
FeOtot	8,4	niobio	32
MnO	0,3	zirconio	363
MgO	1,6	ittrio	93
CaO	1,2	stronzio	129
Na_2O	0,2	lantanio	102
K2O	1,8	cerio	157
P_2O_5	0,2	bario	406
L.O.I.	6,1		

Tab. V - Analisi chimica di un'argilla raccolta nella Grotta Skilan 5070/7720 VG (Carso Triestino). FeO_{tot} è espresso come ferro totale. L.O.I.: perdita al fuoco (loss of ignition).
- *Chemical analysis of clay sample collected in the Grotta Skilan 5070/7720 VG (Trieste Karst). FeO_{tot} is expressed as total iron. L.O.I.: loss of ignition.*

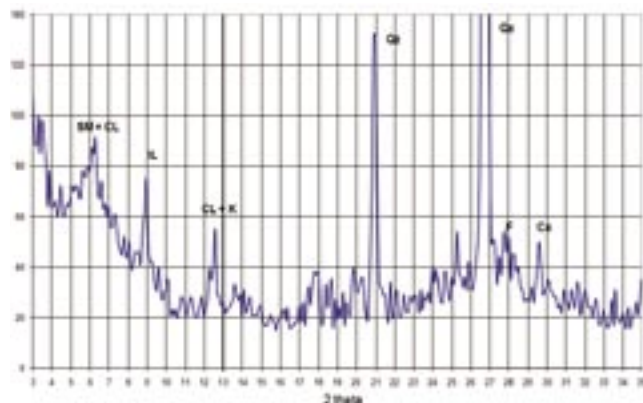



Fig. 35 - Diffrattogramma (raggi X) di argilla gialla (campione orientato su vetrino) proveniente dalla Grotta di Monteprato 139/59 Fr in comune di Nimis. SM = smectite, IL = illite, CL = clorite, Qz = quarzo, F = feldspati, Ca = calcite.
- *Diffractogram (X-rays) of yellow clay (sample oriented on slide) from the Grotta di Monteprato 139/59 Fr, Nimis. SM = smectite, IL=illite, CL = chlorite, Qz=quartz, F = feldspars, Ca = calcite.*

potassio e da altri elementi più scarsi. A titolo di esempio si riporta (tab. V) l'analisi chimica di un'argilla (tipo A) raccolta nella Grotta Skilan 5070/7720 VG, che al momento, con i suoi 378 metri di profondità e 6400 di sviluppo, è la più grande del Carso Triestino.

Per comprendere le evoluzioni mineralogiche che possono avere i fillosilicati entro le grotte, bisogna ricordare che l'ambiente ipogeo ha tre caratteristiche principali:

- permanente situazione di alta umidità o presenza d'acqua;
- ambiente spesso leggermente alcalino, con alta disponibilità di ioni Ca^{++} e subordinatamente Mg^{++}. Ambiente acido in prossimità di cumuli di guano, oppure in caso di solfuri dispersi nella roccia.
- temperature costanti, generalmente tra pochi gradi sopra lo zero nelle grotte di alta montagna e 11,0°-12,5° nelle grotte del Carso;

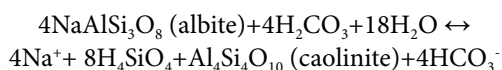
Queste caratteristiche possono favorire i fenomeni d'idrolisi, l'incorporazione di molecole d'acqua nel reticolo cristallino, gli scambi ionici e in definitiva la neoformazione o la rielaborazione di minerali preesistenti.

A questo proposito, anche Hill & Forti (1997) scrivono che una parte dei fillosilicati può derivare dalla roccia circostante e che il residuo può subire delle elaborazioni, con formazione di minerali argillosi secondari. Tra questi si forma facilmente la montmorillonite, soprattutto se il pH è compreso tra 8 e 9, però, se poi le condizioni ambientali mutano e diventano asciutte oppure acide, questo minerale può trasformarsi rispettivamente in palygorskite o in endellite (halloysite 10 Å).

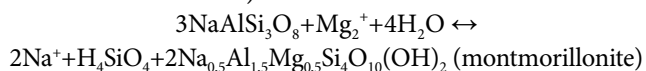
Le numerose analisi, eseguite su campioni argillosi delle grotte regionali, hanno permesso di accertare, inoltre, l'esistenza di "strati misti", generalmente del tipo illite/montmorillonite. È molto probabile che questi "interstratificati" si siano formati e si formino tuttora in grotta. Anche alcuni esperimenti di laboratorio hanno dimostrato che si possono formare interstrati illite/smectite partendo dalla smectite ad alti valori di pH (Eberl et. al 1992).

Ne consegue che anche gli "strati misti" potrebbero essere considerati - almeno in certi casi - dei possibili "minerali di grotta".

Montmorillonite e caolinite, inoltre, possono derivare anche dall'alterazione dell'albite:

$$4NaAlSi_3O_8 \text{ (albite)} + 4H_2CO_3 + 18H_2O \leftrightarrow$$
$$4Na^+ + 8H_4SiO_4 + Al_4Si_4O_{10} \text{ (caolinite)} + 4HCO_3^-$$

In questo caso è importante la caratteristica del flusso d'acqua, perché, se è elevato, non si forma più caolinite, ma gibbsite.

Se, invece, il flusso è molto basso, il minerale di neoformazione può essere la montmorillonite (Longinelli & Deganello 1999):

$$3NaAlSi_3O_8 + Mg_2^+ + 4H_2O \leftrightarrow$$
$$2Na^+ + H_4SiO_4 + 2Na_{0,5}Al_{1,5}Mg_{0,5}Si_4O_{10}(OH)_2 \text{ (montmorillonite)}$$

La caolinite, infine, può formarsi non solo per alterazione dei feldspati, ma anche dalla muscovite o da altri minerali alluminiferi, quando le condizioni di alterazione sono intense (Murray 1988). Ciò può succedere, ad esempio, quando nella roccia sono presenti dei solfuri, come la pirite. In tal caso, si possono produrre soluzioni di acido solforico, con netto abbassamento del pH. Per reazioni col calcare, si formerà anche il gesso. Se effettivamente questi processi sono avvenuti, dunque, accanto alla caolinite di neoformazione dovrebbe trovarsi anche il gesso, o almeno qualche residuo, visto che è molto solubile e può essere allontanato.

Tutto ciò è stato osservato in un punto della Grotta Dobra Picka nel massiccio del Monte Canin. Di conseguenza, è stato possibile ipotizzare che la caolinite, lì studiata, sia, almeno in buona parte, un minerale di grotta (Cancian et al. 1997).

Manoscritto pervenuto il 28.IX.2016 e approvato il 15.X.2016.

Ringraziamenti

L'autore ringrazia sentitamente il prof. Francesco Princivalle del Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell'Università di Trieste, per aver sempre incoraggiato e sostenuto le ricerche sui minerali grotta, partecipando alla realizzazione degli studi più impegnativi. Le principali scoperte, riportate in questo studio, sono state rese possibili proprio grazie a questa stretta collaborazione.

Bibliografia

Aizemberg, J., S. Weiner & L. Addadi. 2003. Coexistence of amorphous and crystalline calcium carbonate in skeletal tissues. *Connective Tissue Research* 44 (suppl. 1): 20-5.

Anonimo. 1998. Nuove segnalazioni di minerali sul Carso. La Gazzetta dello Speleologo, *Notiziario della Fed. Spel. Reg. del Friuli Venezia Giulia*. 16 (marzo 1998).

Aviani, U., & F. Princivalle. 2008. Noduli ferrosi nelle grotte delle Valli del Natisone (Friuli). *Gortania. Atti del Museo Friulano di Storia Naturale* 30: 31-50.

Balenzano, F., L. Dell'Anna & M. Di Pierro. 1974. Ricerche mineralogiche su alcuni fosfati rinvenuti nelle Grotte di Castellana (Bari): strengite alluminifera, vivianite, taranakite, brushite e idrossiapatite. *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrografia* 30 (2): 543-73.

Balenzano, F., L. Dell'Anna & M. Di Pierro. 1976. Francoanellite $H_6K_3Al_5PO_4)_8*13H_2O$ a new mineral from the caves of Castellana, Apulia, southern Italy. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Mon.* 2: 49-57.

Balenzano, F., L. Dell'Anna & M. Di Pierro. 1979. Francoanellite from the "Grotta della Rondinella" (Little swallow cave) in Apulia (southern Italy): a new occurrence and new data. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Mon.* 20: 363-72.

Bardossy, G. 1982. *Karsts bauxites. Bauxite deposits on carbonate rocks.* Elsevier Scient. Publ. Company.

Becker, A., U. Bismayer, M. Epple, H. Fabritius, B. Hasse, J. Shi & A. Ziegler. 2003. Structural characterisation of X-ray amorphous calcium carbonate (ACC) in sternal

deposits of the crustacea *Porcellio scaber*. *The Royal Society of Chemistry, Dalton Transactions* 20: 551-5.

Borghi, C. 1928. Le terre del deposito della Caverna Pocala nella loro composizione chimica. *Le Grotte d'Italia* s. 2, 11: 23-6.

Brizzechesse, M., G. Cancian & A. Marusic. 1991. Ricerche mineralogiche e sedimentologiche sul deposito alluvionale della "Grotta del M. San Michele" 450 VG (Carso Goriziano). *Il Carso* 7: 15-24.

Cancian, G. 1981. Studio sui depositi alluvionali trovati nelle paleocavità e nella superficie del Carso Goriziano. *Le Grotte d'Italia* s. 4, 9: 15-28.

Cancian, G. 1985a. I fosfati della Grotta ad Est di San Martino del Carso (Gorizia): brushite, idrossiapatite, francoanellite, taranakite. *Atti 3° Convegno Triveneto di Speleologia*: 19-26.

Cancian, G. 1985b. Ricerche mineralogiche sui fosfati delle grotte del Carso Goriziano e Triestino. *Atti VII Convegno Regionale di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, nov. 1985*: 77-87.

Cancian, G. 1994. Osservazioni su un fenomeno di concrezionamento gessoso-calcitico in una grotta calcarea d'alta quota (M. Cavallo, Alpi Carniche). *Studi e Ricerche* n.u. 1994: 15-27.

Cancian, G. 1995. Ricerche mineralogiche nella Grotta di Pogrize e nella Grotta Regina (Carso Goriziano). *Mondo Sotterraneo* n.s., 19 (1-2): 23-30.

Cancian, G. 1996a. Primo elenco dei minerali di grotta del Carso Triestino-Goriziano. *Studi e Ricerche* n.u. 1996: 11-23.

Cancian, G. 1996b. Le argille delle grotte che si aprono nel Massiccio dei Monti La Bernadia (Prealpi Giulie). In *Il fenomeno carsico del Massiccio dei Monti La Bernadia (Prealpi Giulie - Friuli)*, cur. G. Muscio, 65-70. Udine: Circolo Speleologico e Idrologico Friulano. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, 8.

Cancian, G. 1999a. Il primo livello nei depositi di riempimento delle grotte del Carso Triestino: aspetti mineralogici e geochimici. *Atti VIII Convegno Regionale di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, giugno 1999*: 51-60.

Cancian, G. 1999b. Prima segnalazione della Nordstrandite - $Al(OH)_3$ - nel Massiccio carsico del Monte Canin (Alpi Giulie). *Atti VIII Convegno Regionale di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, giugno 1999*: 61-6.

Cancian, G. 2001. The "yellow silty sands" in the cave-fill deposits of the Trieste Karst: granulometry, mineralogy and geochemistry. *Ipogea* 3: 39-55.

Cancian, G. 2002. Concrezionamenti calcitici-gessosi in una grotta dell'altopiano del Monte Ciaurlèc (Prealpi Carniche). In *Ciaurlèc La Mont di Turié*, 123-27. Sequals: Gruppo Speleologico di Pradis, Grafiche Tielle.

Cancian, G., & D. Cancian. 2009. Mineralogia di alcuni speleotemi nel tratto iniziale del Fontanon di Goriuda (Val Raccolana, Friuli). *Studi e Ricerche* n.u. 2009: 177-82.

Cancian, G., & G. Concina. 2016. Segnalazione della presenza di idrossiapatite nella Grotta "Ma che Liberazione" (Monte Ciaurlèc, Prealpi Carniche). *Pradis, scoperte, esplorazioni e altre storie. Attività e ricerche del Gruppo Speleologico Pradis* 2012-2016: 227-41.

Cancian, G., & R. Gerometta. 2002. I noduli ferrosi delle grotte di Pradis (Prealpi Carniche): aspetti mineralogici. In *Ciaurlèc La Mont di Turié*, 143-147. Sequals: Gruppo Speleologico di Pradis, Grafiche Tielle.

Cancian, G., & F. Princivalle. 1989. Caratteristiche mineralogiche delle grotte del Carso Triestino. *International Journal of Speleology* 18 (3-4): 111-5.

Cancian, G., & F. Princivalle. 1991. Kutnahorite from Caverna Pocala Soil (Trieste Karst, Italy). *Periodico di Mineralogia* 60: 15-20.

Cancian, G., & F. Princivalle. 1994. L'allofanite della Grotta Due Piani 4253VG (Carso Goriziano). *Studi e Ricerche* n.u. 1994: 28-35.

Cancian, G., & F. Princivalle. 1995. La leucofosfite nell'Abisso di Fernetti (Carso Triestino). *Bollettino della Società Adriatica di Scienze* 76: 5-15.

Cancian, G., & F. Princivalle. 1997a. Mineralogia e stratigrafia del deposito di riempimento della Grotta "Due Piani" (Carso Goriziano). *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica* 71: 79-90.

Cancian, G., & F. Princivalle. 1997b. Le argille superficiali e sotterranee delle Valli del Natisone. In *Il fenomeno carsico delle Valli del Natisone (Prealpi Giulie - Friuli)*, cur. G. Muscio, 57-64. Udine: Circolo Speleologico e Idrologico Friulano. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, 9.

Cancian, G., & F. Princivalle. 1999. Caratteristiche mineralogiche delle argille di grotta del Carso Triestino. *Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"* 36: 75-90.

Cancian, G., & F. Princivalle. 2000. Le "argille e sabbie gialle" della Grotta Regina (Carso Goriziano). *Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste* 48: 59-68.

Cancian, G., & F. Princivalle. 2002a. Caratteristiche mineralogiche delle argille di grotta nella Valle dello Judrio (Prealpi Giulie sud-occidentali). In *La Valle dello Judrio. Progetto di ricerca speleologica Judrio 2000*, 119-30. Gorizia: Centro Ricerche Carsiche Seppenhofer.

Cancian, G., & F. Princivalle. 2002b. Caratteristiche mineralogiche delle argille di grotta del Friuli Venezia Giulia (Progetto Clay). *Gortania, Atti del Museo Friulano di Storia Naturale* 24: 5-30.

Cancian, G., & F. Princivalle. 2004. Ferrous nodules and granules of the caves in Friuli Venezia Giulia. *Ipogea* 4: 11-21.

Cancian, G., & F. Princivalle. 2009a. Le "piogge di sabbia" a Gorizia: aspetti mineralogici. *Studi e Ricerche* n.u. 2009: 60-9.

Cancian, G., & F. Princivalle. 2009b. Nuove ricerche mineralogiche nella Grotta Azzurra di Samatorza 34/257 VG (Carso Triestino). *Studi e Ricerche* n.u. 2009: 13-21.

Cancian, G., & F. Princivalle. 2011. Mineralogia dei sedimenti pelitici nelle grotte del massiccio del Monte Canin. In *Il fenomeno carsico delle Alpi Giulie (Friuli)*, cur. G. Muscio, G. Casagrande & F. Cucchi, 93-8. Udine: Circolo Speleologico e Idrologico Friulano. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, 24.

Cancian, G., & F. Princivalle. 2016. Concrezioni mucolitiche di silice amorfa e carbonato di calcio amorfo in una cantina vinicola realizzata entro la roccia nel Carso Triestino (Prepotto di San Pelagio, prov. di Trieste). *Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste* 58.

Cancian, G., & F. Tricarico. 1990. Incrostazioni di huntite, magnesite, aragonite, dolomite e calcite in una grotta del Carso Triestino. *Mondo Sotterraneo* n.s., 14 (1-2): 11-22.

Cancian, G., G. Benedetti & M. Kraus. 1997. Fenomeni di solfatizzazione e caolinizzazione nei suoli di due abissi

del Monte Canin (Alpi Giulie). *Mondo Sotterraneo* n.s., 21 (1-2): 33-48.

Cancian, G., C. Brun & A. Miani. 2015. Noduli di todorokite nell'Abisso Skerk (Carso Triestino). *Mondo Sotterraneo* n.s., 38 (1-2): 43-53.

Cancian, G., M. Coltorti & F. Princivalle. 1989. Mineralogical study on hydroxyl-apatite encrustations in caves of the Gorizia Karst (Italy). *Bollettino della Società Adriatica di Scienze* 71: 21-8.

Cancian, G., G. Concina & V. Simonutti. 2016. Noduli e granuli ferrosi nella Grotta "Ma che Liberazione" (Monte Ciaurlèc, Prealpi Carniche). *Pradis, scoperte, esplorazioni e altre storie. Attività e ricerche del Gruppo Speleologico Pradis* 2012-2016: 221-6.

Cancian, G., D. Miniussi & F. Princivalle. 1992. Crandallite, OCP ed altri fosfati nell'Abisso Bonetti (Carso Goriziano). *Studi e Ricerche* n.u. 1992: 31-43.

Cartwright, J.E., A.G. Checa, J.D. Gale, D. Gebauer & C.I. Sainz-Diaz. 2012. Calcium carbonate polyamorphism and its role in biomineralisation: how many ACC are there? *Angew Chem. Int. Ed.* 51: 11960-70.

Chiorboli, S. 1984. *Dati mineralogici preliminari sulla francoanellite $H_6K_3Al_5PO_48*13H_2O$ della "Grotta Due Piani", San Martino del Carso (Gorizia)*. Istituto di Mineralogia dell'Università di Ferrara.

Cucchi, F., F. Finocchiaro & F. Princivalle. 1992. Yellow sands with gibbsite in sediments of Pocala Cave: paleoenvironmental consideration. *Acta Carsologica* 21: 157-65.

De Gasperi, G.B. 1916. Grotte e voragini del Friuli. *Mondo sotterraneo* 11 (1-6).

De Waele, J., & L. Piccini. 2008. Speleogenesi e morfologia dei sistemi carsici in rocce carbonatiche. *Atti del 45° Corso CNSS-SSI di III livello "Geomorfologia Carsica"*, cur. M. Parise, S. Inguscio & A. Marangella.

Eberl, D.D., B. Velde & T. McCormick. 1992. Synthesis of illite-smectite from smectite at earth surface temperatures and high pH. *Clay Minerals* 28: 49-60.

Elzea, J.M., I.E. Odom & W.J. Miles. 1994. Distinguishing well ordered opal-CT and opal-C from high temperature Cristobalite by x-ray diffraction. *Analytica Chimica Acta* 286 (1-10): 107-16.

Feruglio, E. 1954. *La regione carsica di Villanova del Friuli*. Torino: Pubblicazioni dell'Istituto di Geologia dell'Università, 2.

Forti, P. 1987. Studio mineralogico ed evolutivo dei noduli ferrosi della Grotta Pod Lanisce (Friuli). *Mondo Sotterraneo* n.s., 11 (1-2): 15-29.

Forti, P., & A. Mocchiutti. 1994. Le concrezioni di brushite ed i caratteri ambientali del Foran des aganis (Prestento di Torreano - Udine). *Mondo Sotterraneo* n.s., 18 (1-2): 13-21.

Fratta, M., & A. Mocchiutti. 1999. I noduli ferrosi nelle grotte delle Prealpi Friulane. *Atti VIII Convegno Regionale di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, giugno 1999*: 143-150.

Gal, A., A. Hirsch, S. Siegel, C. Li, B. Aichmayer, Y. Politi, P. Fratzl, S. Weiner & L. Addadi. 2012. Plant cystoliths: a complex functional biocomposite of four distinct silica and amorphous calcium carbonate phases. *Chemistry* 18 (33): 10262-70.

Guthrie, G.D., & D.L. Bish. 1995. Modeling the x-ray diffraction pattern of opal-CT. *American Mineralogist* 80: 869-78.

Haseman, J.F., J.R. Leher & I.P. Smith. 1951. Mineralogical character of some iron and aluminium phosphates containing potassium and ammonium. *Soil Science, Soc. Amer. Proc.* 15: 76-84.

Hill, C.A., & P. Forti. 1997. *Cave minerals of the world*. Huntsville: National Speleological Society.

Kirle, G. 1923. *Theoretische speläologie*. Wien: Österreichischen Staatsdruckereien.

Krauskopf, K.B. 1967. *Introduction to Geochemistry*. New York: McGraw-Hill.

Lenaz, D., M. Potleca & L. Zini. 2004. Caratterizzazione mineralogica delle frazioni argillose nei depositi di riempimento della Grotta Gualtiero Savi (Carso Triestino, Italia). *Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"* 39: 101-6.

Longinelli, A., & S. Deganello. 1999. Neoformazione di minerali. In *Introduzione alla Geochimica*, 320-3. Torino: UTET, Scienze della Terra.

Mantoani, S., & A. Mirifico. 1994. Ricerche mineralogiche nella Grotta dell'Artiglieria (Carso Goriziano). *Studi e Ricerche* n.u. 1994: 36-45.

Merlak, E. 2014. Una bibliografia selezionata delle bauxiti carsiche e terre rosse (Carso classico italiano, Slovenia, Croazia, Paesi dell'ex Yugoslavia, Albania, Ungheria, Romania). *Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste* 57: 5-20.

Mocchiutti, A. 1991. Segnalazione di mineralizzazioni gessose e noduli ferrosi all'interno della Grotta Doviza (Monti La Bernadia, Friuli). *Mondo Sotterraneo* n.s., 15 (1-2): 13-21.

Mocchiutti, A. 1995. Depositi di gesso e neotettonica nella Grotta di Canebola (Friuli Orientale, Italia). *Mondo Sotterraneo* n.s., 19 (1-2): 13-22.

Mocchiutti, A. 1997. I depositi chimici secondari delle grotte delle Valli del Natisone. In *Il fenomeno carsico delle Valli del Natisone (Prealpi Giulie, Friuli)*, cur. G. Muscio, 49-56. Udine: Circolo Speleologico e Idrologico Friulano. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, 9.

Mocchiutti, A. 1999. Note sulla prima grotta nel gesso del Friuli Venezia Giulia. *Atti VIII Convegno Regionale di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, giugno 1999*: 225-8.

Mocchiutti, A. 2004. I depositi chimici secondari delle grotte delle Alpi Carniche. In *Il fenomeno carsico delle Alpi Carniche (Friuli)*, cur. G. Muscio, 65-7. Udine: Circolo Speleologico e Idrologico Friulano. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, 15.

Mocchiutti, A., & G. Cancian. 1998. Segnalazioni di idromagnesite in una grotta del Monte Mia (Valli del Natisone, Friuli, Italia). *Mondo Sotterraneo* n.s, 22 (1-2): 37-42.

Mocchiutti, A., & P. Forti. 1996. I depositi chimici secondari delle grotte dei Monti La Bernadia (Prealpi Giulie). In *Il fenomeno carsico del Massiccio dei Monti La Bernadia (Prealpi Giulie, Friuli)*, cur. G. Muscio, 55-64. Udine: Circolo Speleologico e Idrologico Friulano. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, 8.

Moore, G.W. 1970. Checklist of cave minerals. *National Speleological Society News* 28: 9-10.

Murray, H.H. 1988. Kaolin minerals: their genesis and occurrence. In *Hydrous Phyllosilicates*, 67-89. Review in Mineralogy 19.

Nanchollas, G.H. 1984. The nucleation and growth of phosphate minerals. In *Phosphate minerals*, cur. J.O. Nriagu & P.B. Moore. Berlin: Springer Verlag.

Onac, B.P, & P. Forti. 2011. State of the art and challenges in cave minerals studies. *Studia UBB Geologia* 56 (1): 33-42.

Paronuzzi, P., D. Lenaz & R. Semeraro. 2005. Filling deposits of an ancient alluvial cave system in the alpine karst on Mt. Canin. *Proceedings 14th International Congress of Speleology* O51: 147.

Pellizzari, G., & A. Martincigh. 1992. Ricerche mineralogiche nella Caverna Generale Ricordi (Carso Goriziano). *Studi e Ricerche* n.u. 1992: 45-54.

Piemontese, T. 1965. La Grotta della Fornace (3913 V.G.) e l'antico reticolo idrografico del solco di Aurisina. *Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"* 5: 73-91.

Ponton, M. 1984. Morfogenesi di una cavità in flysch carbonatico (Grotta Pod Lanisce, Fr. 573 - Friuli Orientale). *Gortania. Atti del Museo Friulano di Storia Naturale* 6: 59-82.

Predebon, E. 2011. La Grotta di Boriano (Grotta dell'Acqua) 125/135VG nel Carso Triestino. *Studi e Ricerche* n.u. 2011: 39-59.

Radha, A.V., T.Z. Forbes, C.E. Killian, P.U.P.A. Gilbert & A. Navrotsky. 2010. Transformation and crystallization energetics of synthetic and biogenic amorphous calcium carbonate. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (38): 16438-43.

Raz, S., O. Testeniere, A. Hecker, S. Weiner & G. Luquet. 2002. Stable amorphous calcium carbonate is the main component of the calcium storage structures of the crustacean *Orchestia cavimana*. *Biological Bulletin* 203: 269-74.

Rodriguez-Blanco, J.D., S. Shaw & G. Benning. 2008. How to make "stable" ACC: protocol and preliminary structural characterization. *Mineralogical Magazine* 72 (1): 283-6.

Rodriguez-Blanco, J.D., S. Shaw, P. Bots, T. Roncal-Herrero & L.G. Benning. 2012. The role of pH and Mg on the stability and crystallization of amorphous calcium carbonate. *Journal of Alloys and Compounds* 536: S477-9.

Srodon, J., & D.D. Eberl. 1987. Illite. *Micas*, 13: 495-544.

Tellini, A. 1899. Peregrinazioni speleologiche in Friuli. *In Alto* 10: 5, 18, 36, 52.

Zucchini, R. 1998. *Miniere e mineralizzazioni nella Provincia di Udine. Aspetti storici e mineralogici.* Udine: Pubblicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale 40: 1-148.

Author's address - Indirizzo dell'Autore:
- Graziano Cancian
  via Monte Calvario 48a, I-34170 GORIZIA
  e-mail: gcancian@tin.it

Emmanuel M.E. Billia
Júlia Zervanová

STEPHANORHINUS KIRCHBERGENSIS (JÄGER, 1839) (MAMMALIA, RHINOCEROTIDAE) FROM VERNASSO (UDINE, NE ITALY) AND OTHER LOCALITIES IN ADJACENT AREAS WITH REPORTS ON OLIGO-MIO-PLIOCENE RHINOCEROSES. AN ESSAI DE SYNTHÈSE

STEPHANORHINUS KIRCHBERGENSIS (JÄGER, 1839) (MAMMALIA, RHINOCEROTIDAE) PROVENIENTE DA VERNASSO (UDINE, NE ITALIA) E DA ALTRE LOCALITÀ SITUATE IN AREE ADIACENTI, CON CON MENZIONE DEI PIÙ SIGNIFICATIVI SITI A RINOCERONTE DELL'OLIGO-MIO-PLIOCENE. UN TENTATIVO DI SINTESI

Riassunto breve - Viene presentata una panoramica dei ritrovamenti di resti relativi a *Stephanorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839) iniziando dalla Cava Italcementi (attualmente non più attiva) ubicata a Vernasso presso Cividale del Friuli (Udine, Friuli, Italia nordorientale), per proseguire con quelli provenienti da altre località dell'Italia nord-orientale, nonché da alcuni altri depositi situati in aree limitrofe (Austria, Slovenia, Croazia, Ungheria, Slovacchia e Repubblica Ceca). Sino alla data attuale, i resti rinvenuti a Vernasso restano l'unica testimonianza di questa specie in Friuli. Questi, unitamente a quelli provenienti da Šaľa (circa 60 km a est di Bratislava, distretto di Šaľa, regione di Nitra, Slovacchia sud-occidentale), rinvenuti nel 1973, rivestono un interesse particolare. Purtroppo i dati stratigrafici non sono quasi mai disponibili. Valutando il numero - relativamente limitato - di siti dislocati in Eurasia dove è stato rinvenuto durante gli ultimi due secoli, *S. kirchbergensis* resta - al di là di ogni altra considerazione - una specie rara. Una panoramica generale relativa alle segnalazioni di *S. kirchbergensis* sul territorio eurasiatico è già disponibile in Billia (2008, 2011, 2014) e Billia & Zervanová (2015). Con l'occasione, vengono riportati anche i dati relativi a significativi ritrovamenti, nelle medesime aree, di rinoceronti oligo-mio-pliocenici. Per il territorio ungherese, sono disponibili anche dati relativi a un ritrovamento di età eocenica.
Parole chiave: Rhinocerotidae, *Stephanorhinus kirchbergensis*, Eocene, Oligocene, Miocene, Pliocene, Pleistocene, Italia, Europa.

Abstract - Stephanorhinus kirchbergensis *(Jäger, 1839) remains were recovered into a quarry at Vernasso/Dolenj Barnas near Cividale del Friuli (Udine, Friuli), in other Northeastern Italian provinces located in Friuli Venezia Giulia and Veneto as well as on adjacent territories (Austria, Slovenia, Croatia, Hungary, Slovakia, and Czech Republic). Of particular interest appear the remains from Vernasso and those from Šaľa (about 60 km east of Bratislava, Săľa district, Nitra region, Southwestern Slovakia) found in 1973. In several cases, no stratigraphical data are unfortunately available. In any case, until today* S. kirchbergensis *was rarely been found everywhere in Eurasia during last two centuries. For more details on the* S. kirchbergensis *records in Eurasia vide in Billia (2008, 2011, 2014) and Billia & Zervanová (2015). In addition, selected reports on Oligo-Mio-Pliocene rhinoceros remnants found in the same areas are also taken into consideration. In one case, data on a Hungarian find of Eocene age is also listed.*
Key words: *Rhinocerotidae*, Stephanorhinus kirchbergensis, *Eocene, Oligocene, Miocene, Pliocene, Pleistocene, Italy, Europe.*

Introduction

The present paper represents an overview concerning the *Stephanorhinus kirchbergensis* presences in Northeastern Italy (Friuli Venezia Giulia, and Veneto), Austria, Slovenia, Croatia, Hungary, Slovakia, and Czech Republic (fig. 1). In particular, the remains from Vernasso (Friuli, NE Italy) and those from Šaľa (Šaľa district, Nitra region, Southwestern Slovakia) appear to be of a certain interest.

Unfortunately, stratigraphical data are unavailable in most of the cases.

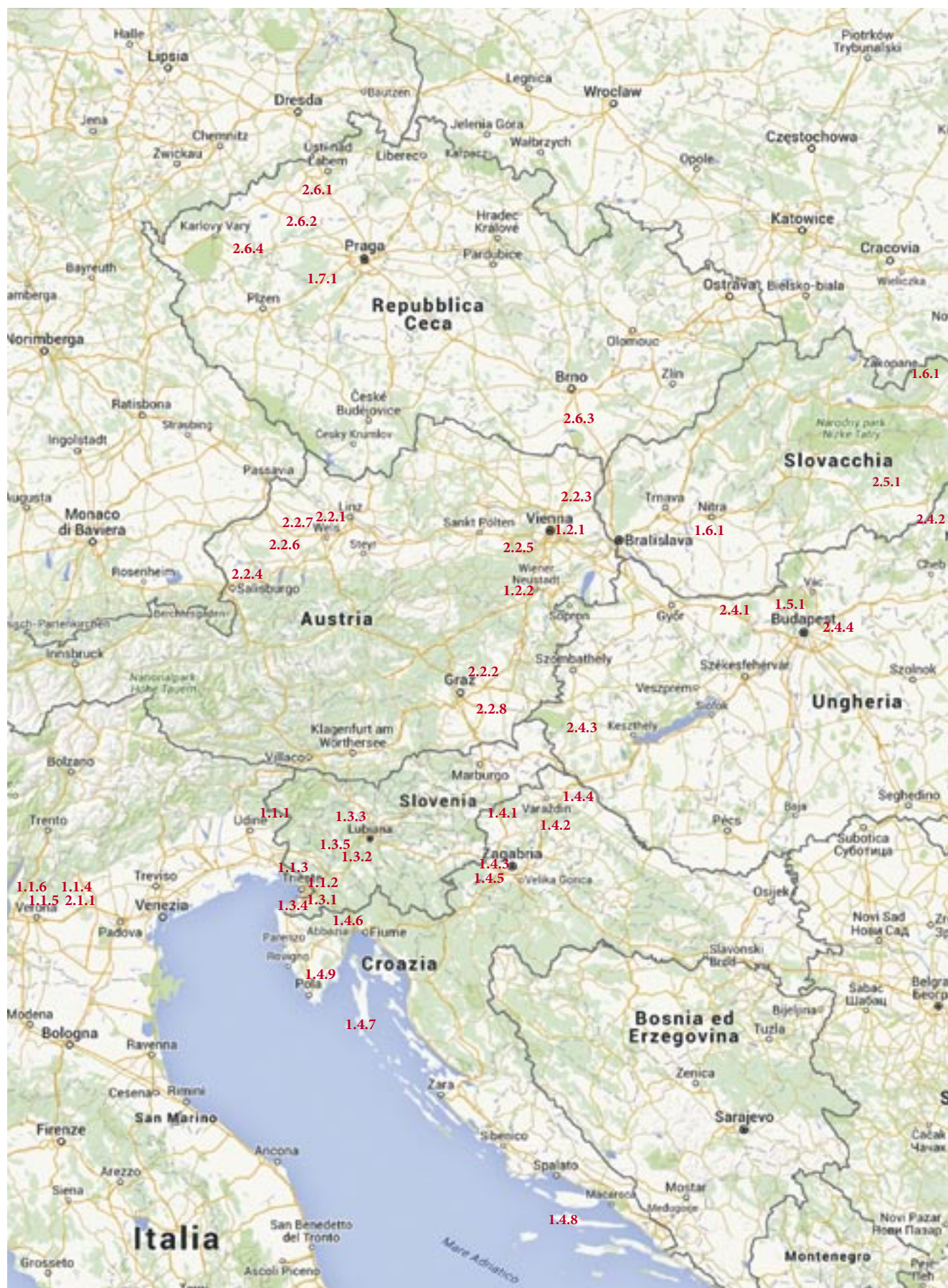



Fig. 1 - A map showing the localities quoted in the text.
- *Mappa con le località citate nel testo.*

History, synonymy, general characters, anatomical and odontological distinguishing features of *S. kirchbergensis* have extensively been discussed in previous papers (Billia 2008, 2011). More details on the *S. kirchbergensis* records in Eurasia are available in Billia (2011, 2014) and Billia & Zervanová (2015).

The second part of this paper is dedicated to Oligo-Mio-Pliocene rhinoceros found throughout the time in the same areas (apart from Croatia). In one case, data on a Hungarian find of Eocene age is also listed.

1. Northeastern Italian, Austrian, Slovenian, Croatian, Hungarian, Slovak and Czech localities with *Stephanorhinus kirchbergensis* remnants

1.1 Northeastern Italy

1.1.1 "Cava Italcementi" (Monte dei Bovi, Vernasso, Cividale del Friuli e San Pietro al Natisone, Udine, Friuli Venezia Giulia)

Until now, it represents the sole *S. kirchbergensis* discovery in Friuli. The "Cava Italcementi" (figs 2 and 3) is a marl quarry (presently abandoned) which opens on the Monte dei Bovi, in the village of Vernasso, at the border between the towns of Cividale del Friuli and San Pietro al Natisone, along the SS 54 highway (Udine-Kobarid [Slovenia] axis). Here, in some natural cavities within limestone blocks and in rock fractures of karst origin, filled with "terra rossa" (red soil; fig. 4), two second upper molars, one fourth upper premolar as well as one second lower molar have been recovered in 1989. The odontological remains were formerly described by Pellarini (1999).

The Southern Julian Pre-Alps area is characterized by the presence of a powerful flyschoid succession dated from the Late Cretaceous to the Eocene. In particular, in the so-called "Flysch del Grivò" [Grivò Flysch] (Late Paleocene - Early Eocene) outcrop five main megabeds in total. As consequences of submarine landslides, those megabeds are alternated with other minor ones. The one known as "Megastrato di Vernasso" [Vernasso megabed] is really of colossal proportions. With a thickness of

Fig. 2 - Geographical localisation of Vernasso Quarry.
- *Localizzazione geografica della Cava di Vernasso.*

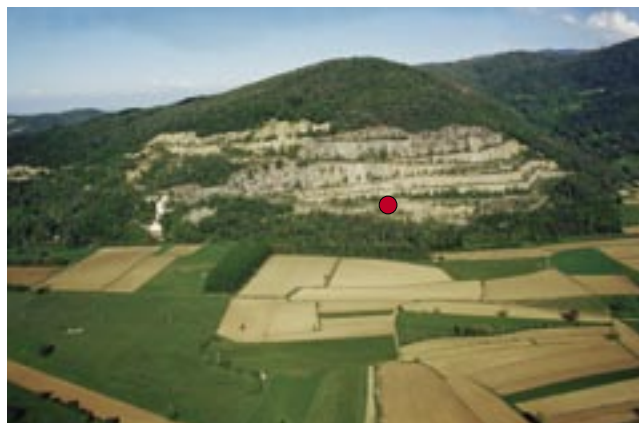



Fig. 3 - Aerial view of the Italcementi Quarry at Vernasso. The red point shows the area of the find (photo E. Turco).
- *Vista aerea panoramica della cava Italcementi di Vernasso con indicata l'area del rinvenimento (foto E. Turco).*

Fig. 4 - The recovery of 1989: note the karstic fill deposit (photo Archivio Museo Friulano di Storia Naturale).
- *Il recupero del 1989: si noti il deposito di riempimento carsico (foto Archivio Museo Friulano di Storia Naturale).*

Fig. 5 - *Stephanorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839). No stratigraphical data: Cava "Italcementi" (Vernasso, Cividale del Friuli, Udine, Friuli, NE Italy). Second upper molar [MFSN 220297]: a) occlusal and b) vestibular views.
- Stephanorhinus kirchbergensis *(Jäger, 1839). Stratigrafia indeterminabile: Cava "Italcementi" (Vernasso, Cividale del Friuli, Udine, Friuli, NE Italia). Secondo molare superiore [MFSN 220297]: a) norma occlusalis e b) norma vestibularis.*

Fig. 6 - *Stephanorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839). No stratigraphical data: Cava "Italcementi" (Vernasso, Cividale del Friuli, Udine, Friuli, NE Italy). Second upper molar [MFSN 220298]: a) occlusal and b) vestibular views.
- Stephanorhinus kirchbergensis *(Jäger, 1839). Stratigrafia indeterminabile: Cava "Italcementi" (Vernasso, Cividale del Friuli, Udine, Friuli, NE Italia). Secondo molare superiore [MFSN 220298]: a) norma occlusalis e b) norma vestibularis.*

Fig. 7 - *Stephanorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839). No stratigraphical data: Cava "Italcementi" (Vernasso, Cividale del Friuli, Udine, Friuli, NE Italy). Fourth upper premolar [MFSN 220299]: a) occlusal and b) vestibular views.
- Stephanorhinus kirchbergensis *(Jäger, 1839). Stratigrafia indeterminabile: Cava "Italcementi" (Vernasso, Cividale del Friuli, Udine, Friuli, NE Italia). Quarto premolare superiore [MFSN 220299]: a) norma occlusalis e b) norma vestibularis.*

Fig. 8 - *Stephanorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839). No stratigraphical data: Cava "Italcementi" (Vernasso, Cividale del Friuli, Udine, Friuli, NE Italy). Second lower molar [MFSN 220300]: a) occlusal and b) buccal views.
- Stephanorhinus kirchbergensis *(Jäger, 1839). Stratigrafia indeterminabile: Cava "Italcementi" (Vernasso, Cividale del Friuli, Udine, Friuli, NE Italia). Secondo molare inferiore [MFSN 220300]: a) norma occlusalis e b) norma buccalis.*

230 m, probably represents one of the most impressive sedimentary phenomena originated by a sole episode of sedimentological deposition known in all over the world. A good number of boulders of considerable size (several hundred of cubic meters) are included in it. Very often, these olistolites are of limestone litology, containing fossil associations previously studied in the nineteenth century. Into the Hauterivian-Barremian laminated limestones the most ancient specimens of Clupeomorphs are preserved and they are internationally known. Otherwise, into the greenish coeval dolomitic limestones an extremely rare level of mass mortality can be found. Is is mainly constituted by picnodontiform fishes. The Senonian black limestones contain a rich continental flora described by Bozzi (1891). Even if the access to the quarry is prohibited, the quarry fronts are visible from the nearby road.

The "Megastrato di Vernasso" is constituted by several large carbonate blocks and abundant calcareous matrix. So that the megabed has been affected by karstic together with cavity formations (even if of scarce dimensions) showing the presence of internal concretions as well.

During quarry excavations, one of these cavities has been banked bringing to light its "terra rossa" fill deposits. In the debris at the base of this deposit, some teeth belonging to a large mammal together with small bone fragments were recognized. The discover of these remains, Roberto Rigo, reported on this discovery to the Museo Friulano di Storia Naturale in Udine. This institution, in accordance with the local Soprintendenza, started a campaign (fig. 4) in order to recover the fossil material under the direction of Francesca Bressan, at that time curator of the palethno-anthropological section of the Museo Friulano di Storia Naturale in Udine. These interventions allowed to collect four teeth of large size and some damaged bone fragments of small dimensions.

In 1957, the local press reported on a discovery of "mammuth" remains at the Vernasso quarry. No more information/details on the newspaper article content as well as on the remains conservation site are presently available. Surely, these are not present in any collection of public institutions in Friuli. After a critical review, according with Dalla Vecchia (2008) those remains could more likely belong to a rhinoceros than to a mammuth. In any case, as to the 1957 report, we can not exclude the presence of those mammuth remains in the quarry. But, a possible removal attempt without any proper consolidation could have caused the complete destruction of the remains.

The four very large sized teeth found in 1989, uncommonly well-preserved (with the exception of a second upper molar), show demi-bright and smooth enamel. The two second upper molars (one of them damaged in its mesial portion) [MFSNU 220297 and MFSNU 220298; figs 5 and 6] are very brachyodont with remarkably bulbous protocones and metacones. Mesial cingula are also present. The fourth upper premolar [MFSNU 220299; fig. 7] appears less brachyodont than the molars. The ectoloph, mesially, curves strongly towards the inside of the tooth. The tooth presents narrow interior valley, mesial and lingual cingula. The second lower molar [MFSNU 220300; fig. 8] shows strongly reduced mesial and distal valleys, mesial and distal cingula. All these characters are typical of *S. kirchbergensis*.

Conservation: Museo Friulano di Storia Naturale, Udine.

1.1.2 Caverna degli Orsi (San Dorligo della Valle / Dolina, Carso Triestino, Trieste, Friuli Venezia Giulia)

From this cave comes a dental gemma of a fourth lower deciduous jugal referable to *S.* cf. *S. kirchbergensis* (Berto & Rubinato 2010) supposedly correlated with the Eemian (MIS 5e).

1.1.3 Along the Trieste-Venezia railway near Aurisina (Carso Triestino, Trieste, Friuli Venezia Giulia)

Two upper molars (Leonardi 1945-47: Pl. V - fig. 4, Pl. VI - fig. 2) were collected in this site.

Conservation: Museo Civico di Storia Naturale, Trieste.

1.1.4 Cava "Calcara" (Monte di Malo, Vicenza, Veneto)

Only one fourth upper premolar (fig. 9) was recovered in 1955 in a rock crack of this quarry in which some other rhinoceros osteological remains (untraceable, at present) were contained.

Conservation: Museo Paleontologico di Priabona, Monte di Malo (Vi).

1.1.5 Monte Zoppega (= Grotta di San Lorenzo di Soave, Soave, Verona, Veneto)

Two mandibular branches (with P2-M3 and P4-M3), few isolated upper teeth, and some skeletal remains belonging to only one individual were discovered in this site (Scortegagna 1844; Molon 1875; Fabiani 1919: Pl. XVII). The remains were referred by Fabiani (1919) to the Mindel-Riss.

Conservation: odontological material - Museo Civico di Storia Naturale, Vicenza; skeletal remains - Istituto di Geologia, Università di Padova.

1.1.6 La Fornace di S. Ambrogio di Valpolicella (Verona, Veneto)

Three upper molars, three upper premolars, three lower molars, and two lower premolars (MCSN-V 9637, MCSN-V 9638, MCSN-V 9641, MCSN-V 9646, MCSN-V 9647, etc) have been found in La Fornace di S. Ambrogio di Valpolicella in the first half of the XX century. Well-preserved, large-sized with rather polish

and smooth enamel, even if isolated, the remains form two semiarches, an upper and a lower-one respectively, belonging to one individual. Another second upper molar is also present. No additional information on this discovery is available. The upper molars are remarkably brachyodont, their protocones and metacones appear remarkably bulbous. Some styli are present at the entrance of the interior valley. The third and the fourth upper premolars are less brachyodont than the upper molars. The ectoloph, mesially, curves strongly towards the inside of the tooth. Their lingual cones are also bulbous, the interior valleys are narrow. In both cases, the mesial cingula are also present.

The lower molars are very brachyodont. The first and the third one are slightly damaged in their distal portions, whereas the second molar is slightly damaged in the mesial one. The lower premolars are more hypsodont than the lower molars. Molars and premolars show both the mesial and distal valleys strongly reduced. Mesial and distal cingula are always present. In some cases, the roots are still present.

Conservation: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

Fig. 9 - *Stephanorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839). No stratigraphical data, North-Eastern Italy: Cava "Calcara" (Monte di Malo, Vicenza, Venezia Euganea). Fourth upper premolar (calcum), occlusal view [Museo Paleontologico di Priabona, Monte di Malo, s.n.].
- Stephanorhinus kirchbergensis *(Jäger, 1839). Stratigrafia indeterminabile, Italia nord-orientale: Cava "Calcara" (Monte di Malo, Vicenza, Venezia Euganea). Quarto premolare superiore (calcum): norma occlusalis [Museo Paleontologico di Priabona, Monte di Malo, s.n.].*

1.2 Austria

1.2.1 Wien-Heiligenstadt

From this deposit comes a hemimaxilla with the six teeth described as *Rhinoceros Mercki* Jäger var. *Vindobonensis* (Toula 1907: 449-454, Pl. XI-figs 1, 2) found by H. Wolf in 1870.

1.2.2 Willendorf–I (about 4 km S of Spitz an der Donau, Niederösterreich)

Three *S. kirchbergensis* teeth were recovered in 1893 at Willendorf-I by Woldřich (1893) who erroneously assigned them to *Coelodonta antiquitatis* (Blumenbach, 1799) (Thenius 1956-59: 160-162, figs 116-118; Frank & Rabeder 1997: 69).

Conservation: Prähistorische Abteilung des Naturhistorischen Museums, Wien.

The Willendorf-I accompanying fauna (revised by Thenius in 1956) consists of: *Aquila chrysaëtos* (L., 1758), *Ochotona pusilla* Pallas, 1768, *Arvicola terrestris* (L., 1758), *Lepus* sp., *Canis lupus* L., 1758, *Vulpes vulpes* (L., 1758), *Alopex lagopus* (L., 1758), *Gulo gulo* (L., 1758), *Ursus* cf. *U. arctos* L., 1758, *Panthera spelaea* (Goldfuss, 1810), *Lynx lynx* (L., 1758), *Cervus elaphus* ssp., *Rangifer* sp., *Alces alces* (L., 1758), *Capra ibex prisca* Woldřich, 1893, *Bison priscus* Bojanus, 1827, *Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799), *Equus* sp.

1.3 Slovenia

1.3.1 Materja / Matteria near Cosina (Hrpelje-Kozina / Erpelle-Cosina municipality, Istra / Istria, SW Slovenia)

Toula (1907: 447) reports on "ein Zahn aus einer Höhle nächst Matteria bei Cosina (zwei Meilen von Triest; Jahrbuch der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt, Jhrg 1860, p. 114)" attributed to *S. kirchbergensis*. Unfortunately, no further information on this report is available.

Hrpelje-Kozina (Erpelle-Cosina in Italian) lies on Istrian karst territory and borders upon Trieste and Ćićarija (Cicceria, in Italian) close to Croatia.

1.3.2 Dolarjeva jama near Logatec / Longatico (about 25 km SW of Ljubljana)

No better specified *S. kirchbergensis* remains were recognised at this site (Rakovec 1933).

1.3.3 Kamnitnik (Škofija Loka, about 20 km NW of Ljubljana, W-Slovenia)

A second upper molar belonging to *Dicerorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839) (= *S. kirchbergensis*) was reported by Rakovec (1942: 247-250, Pl I - fig. 5).

Conservation: Inštitut za geologijo in paleontologijo univerzitet v Ljubljani [Geological-Palaeontological Institute, Ljubljana University].

1.3.4 Črni Kal/S. Sergio (SE of the Osp / Ospo village, Koper/ Capodistria municipality, Istra / Istria, SW Slovenia)

In a cave near Črni Kal (S. Sergio, in Italian), a *S. kirchbergensis* second deciduous molar [inv. Čk 210] was recovered (Adam 1958: Abb 1; Rakovec 1958; Malez 1986).

Conservation: Inštitut za geologijo in paleontologijo univerzitet v Ljubljani [Geological-Palaeontological Institute, Ljubljana University].

1.3.5 Betalov Spodmol cave (Postojna / Postumia, about 20 km NW of Ljubljana, W Slovenia)

Some other remains ascribed to *S. kirchbergensis* could come from the Betalov Spodmol cave near Postojna (Postumia, in Italian) (Rakovec 1959: 310-312) (age: Riss-Würm Interglacial).

1.4 Croatia

1.4.1 Hušnjakovo Brdo at Krapina (Hrvatsko Zagorje, about 50 km N of Zagreb)

From this internationally famous site come significant *S. kirchbergensis* remains. The most notheworty one is represented by the very well-known skull found in this site, damaged at the right zygomatic arch and, *in illo tempore*, described as *Rhinoceros Mercki* var. *Krapinensis* by Gorjanović-Kramberger (1913a: Pls I, II). It represents one of the six *S. kirchbergensis* skulls found until now in Europe(1). At Hušnjakovo Brdo, *S. kirchbergensis* mandibles, isolated teeth and postcranial bones were also collected (Gorjanović-Kramberger 1913a: Pls. III, IV, V, VI,VII, VIII, IX, X, XI, XIII; Malez 1970, 1986). The entire stock of rhinoceros remains collected in this site - belonging to both *S. kirchbergensis* and *Coelodonta antiquitatis* (Blumenbach, 1799) - consists of 324 specimens in total (Gorjanović-Kramberger 1913a).

Conservation: *vide* 1.4.2 paragraph.

This site is very famous all over the world also because it represents the richest one in *Homo neanderthalensis* King 1864 finds (876 remains in total, belonging to dozen and dozen individuals - male and female - from 2 to 40 years in age) (Schwartz & Tattersall 2006).

1.4.2 Varaždinske Toplice (about 13 km SE of Varaždin and about 45 km E of Krapina)

S. kirchbergensis is represented by the dental elements discovered in calcareous tuffs at Varaždinske Toplice (Gorjanović-Kramberger 1913a: Pl XI).

Conservation: the *S. kirchbergensis* material coming from Hušnjakovo Brdo and from Varaždinske Toplice is preserved at the Palaeontological Museum of the Quaternary Institute of HAZU [Hrvatska Akademija Znanosti i Umjetnosti (= Croatian Academy of Sciences and Arts), former Yugoslavian Academy of Sciences and Arts (JAZU), Zagreb] and at the Museum of Geology and Palaeontology of SAN [Srpska Akademija Nauka (= Serbian Academy of Sciences), former Yugoslavian Academy of Sciences and Arts (JAZU), Beograd].

1.4.3 Veternica cave (southwest of Medvednica, Medvednica Mountain, about 9 km W of Zagreb)

The four rhinoceros remains from the Veternica cave (306 m asl, 45°50'36", 13°32'24") - a fragmentary left second lower molar [VTR. 199] (damaged on its anterior portion) (Malez 1963a: Pl. XXII - figs 3a, b, c), a first phalanx [VTR. 200], a third phalanx [VTR. 201] (Malez 1958: 5-7, 19, Pl I - figs 2a, 2b; Malez 1963a: Pl. XXII - figs 1a, b, c), and a rib shaft fragment [VTR. 202] - come from the "j" level of the cave. They were previously described by Malez (1963a: 108-112, Pl XXII, Pl XXIV - figs 1a, b, c) who assigned them to *D. kirchbergensis* (= *S. kirchbergensis*). Malez (1961: 74-75) dubiously correlated these remains with the Riss-Würm Interglacial. Later, Miracle & Brajković (1992: 2) "suggest that a more prudent identification of these remains is *Dicerorhinus* sp.". This cave is situated ca 1,5 km N of Bizek (*vide* 1.4.5 paragraph). On the cave stratigraphy/speleology/geo-interpretations, *vide autem* in Malez (1963b).

The Veternica cave yielded a great amount of Pleistocene remains. The site is famous because of the finds concerning *Homo sapiens* L., 1758. Apart from *S. kirchbergensis*, *H. sapiens*, and the "cave bear" (*Ursus spelaeus* Rosenmüller & Heinroth, 1793) as the dominant species, other 78 genera, species or subspecies - belonging to Artiodactyla, Insectivora, Chiroptera, Carnivora and others - were recovered.

1.4.4 Vindija cave near Donja Voća (Varaždin County, ca 55 km NE of Zagreb and ca 20 km W of Varaždin)

The Vindija cave near Donja Voća is a cave in Tortonian conglomeratic limestone. From this cave possibly come other *Dicerorhinus mercki* (= *S. kirchbergensis*) remains (Vuković 1954: 27-28). The cave was described in a previous work by the same author (Vuković 1953).

The Vindija cave displays a total of 13 levels dated between 150 ky ago and the present. Levels from G to D yielded over than hundred hominin remains. Both *H. neandethalensis* and *H. sapiens* were found in this cave (Malez et al. 1980; Wolpoff 1980; Wolpoff

1) The remaining five European skulls are those from Daxlanden (Meyer 1863-64; Schroeder 1903; Staesche 1941; Loose 1975, *inter alios*), Mosbach (Schroeder 1903; Freudenberg 1914; Wüst 1909, 1911, 1914; Loose 1975, *inter alios*) and Steinheim a.d. Murr (Staesche 1941, *inter alios*) (all these three deposits are located in Germany), as well as from the Wisła [Vistula] river in Warsaw (Poland) (Borsuk-Białynicka & Jakubowski 1972), and that from Spinadesco (Cremona, Italy) (Persico et al. 2015).

et al. 1981; Trinkaus & Smith 1995; *inter alios*). A *Homo neandethalensis* bone (Vi-80) - found in the level G in 1974 - represents one of the best preserved *H. neandethalensis* remains ever found till to day. In 2008, the Svante Pääbo research team reported on the first complete mtDNA genome sequence reconstructed by using the Vi-80 bone with 8341 mtDNA sequences identified among 4.8 Gb of DNA generated from ~0.3 g of the same bone. The bone was direct-dated to 38,310 ± 2,130 RCYBP (Green et al. 2006, 2008, 2010).

Summarizing, the Vindija cave (1.4.4 paragraph) as well as that of Veternica (1.4.3 paragraph) (Malez 1958: 7; Smith 1976a; Smith et al. 1999; Wolpoff 1979) - just as for Hušnjakovo Brdo at Krapina (1.4.1 paragraph) (Gorjanović-Kramberger 1904, 1906, 1913b; Smith 1976a) and Velika Pečina (428 m asl, also know as “Mačkova pećina”, Ravna Gora, Hrvatsko Zagorje, about 2 km SW of Kijevo and about 50 km N of Split) (Smith 1976b; Smith et al. 1999) - yielded significant well-known Late Pleistocene fossil hominids (Jelinek 1969; Wolpoff et al. 1981, *inter alios*) as well as a lot of human artifacts (Valoch 1968, *inter alios*). Patterns of faunal/climatic changes were provided by Malez (1978a, 1978b, 1978c). However, *H. neanderthalensis* remains were collected at Vindija and at Krapina, while Veternica and Velika Pečina yielded *H. sapiens* remains only. Another cave with significant Palaeolithic human traces (artifacts only) is Crvena Stijena (Nikšić, Crna Gora / Montenegro, close to the border with Bosnia and Herzegovina) (Rakovec 1958).

1.4.5 Bizek (Medvednica Mountain, about 1,5 km S of Veternica and about 9 km W of Zagreb)

Malez (1961: 66) refers to a *Dicerorhinus kirchbergensis* (= *S. kirchbergensis*) second upper molar of large dimensions belonging to a young-adult individual. The exceptionally well-preserved tooth (s.n.) (Malez 1961: 65, Pl 1 - figs 1, 2, Pl 2 - figs 1, 2, 3, Pl 3 - fig. 1) was found in a calcareous rock crack into a cave situated immediately N of Bizek (Medvednica Mountains, ca 1,5 km S of Veternica - *vide* 1.4.3 paragraph - and ca 9 km W of Zagreb). Malez (1961: 65) correlated this tooth with the Riss-Würm Interglacial just as for Veternica (*vide* 1.4.3 paragraph).

Conservation: Palaeontological Museum of the Quaternary Institute of HAZU [Hrvatska Akademija Znanosti i Umjetnosti (= Croatian Academy of Sciences and Arts), former Yugoslavian Academy of Sciences and Arts (JAZU), Zagreb].

1.4.6 Volosko / Volosco / Volosca or Preluk / Preluca (N of Opatija / Abbazia, Kvarnar gulf / Golfo del Quarnaro, Dalmacija / Dalmatia)

In literature, is sometime cited a deposit located at Volosko (Volosco or Volosca, in Italian) as well as Preluk (or Preluca, in Italian) (Fabiani 1919). Actually, Volosko and Preluk represent the same palaeontological site which lies N of Opatija (Abbazia, in Italian). From this deposit comes a rhinoceros first upper molar at that time assigned to *Rhinoceros mercki* Jäger (= *S. kirchbergensis*) by Fabiani (1919) who hypothetically referred it to the Mindel-Riss. The same author also refers that “(omissis)… la presenza della specie è indicata a Preluca da un primo molare superiore conservato nella collezione privata Valle a Trieste…” (Fabiani 1919: 90, Pl XVII - figs 8a, 8b). Battaglia (1926: 77, 79) reported on “…breccie ossifere di Preluca/ Volosca…”. There is no doubt that both authors referred to the same deposit. Leonardi (1945-47: Pl VI - fig. 1) agreed in ascribing the tooth to *S. kirchbergensis*. Later, Malez (1960-61: 77, 1963a: 112, 179) *sic et sempliciter* mentioned the sole toponym (Volosko). Afterwards, in another paper regarding a systematic revision of the whole Yugoslavian fauna, Volosko in not taken into consideration.

Conservation: Valle private collection, Trieste.

1.4.7 Island of Lošinj/Lussino (Kvarnar archipelago / arcipelago del Quarnero, Dalmacija / Dalmatia)

Two very well-preserved upper molars (a second and a third ones; MCSN-TS s.n.) were recovered in an unknown site on the Lošinj island (Isola di Lussino, in Italian) during the first half of the XX century (Leonardi 1945-47: 150-151, Pl VI - fig. 1).

They represent a gift from prof. A. Haracich to the Museo Civico di Storia Naturale di Trieste.

Conservation: Museo Civico di Storia Naturale, Trieste.

An exceptionally well-preserved lower molar (possibly a third one) of unknown provenance (Leonardi 1945-47: 151-152, Pl V - figs 1, 3) shows a status of fossilisation very similar to that of the above described two molars. Not only, because of both its morphological and biometrical features might belong to the same individual, so that we may assume that it comes from Lošinj as well (Leonardi 1945-47:151).

Conservation: Museo Civico di Storia Naturale, Trieste.

1.4.8 Island of Hvar/Lesina (off the Dalmatian coast)

From the Hvar island (Isola di Lesina, in Italian), without anyone indication concerning the site and its localization, come two rhinoceros mandibular fragments (IGUP n.n. and MCSN-TS n.n.) preserving two molars on both specimens (Woldřich 1882: 455-456, Pl. X - figs 26-27; Woldřich 1886: 178; Battaglia 1926: 78; Leonardi 1945-47: 154-156, Pl. IV - figs 2, 3; Leonardi 1947: 17-18, Pl. III - fig. 8). These two remains may dubiously be attributed to *S. kirchbergensis* (just as in Woldřich 1882, 1886 and in Leonardi 1945-47, 1947). According to Toula (1902: 5, 1907:

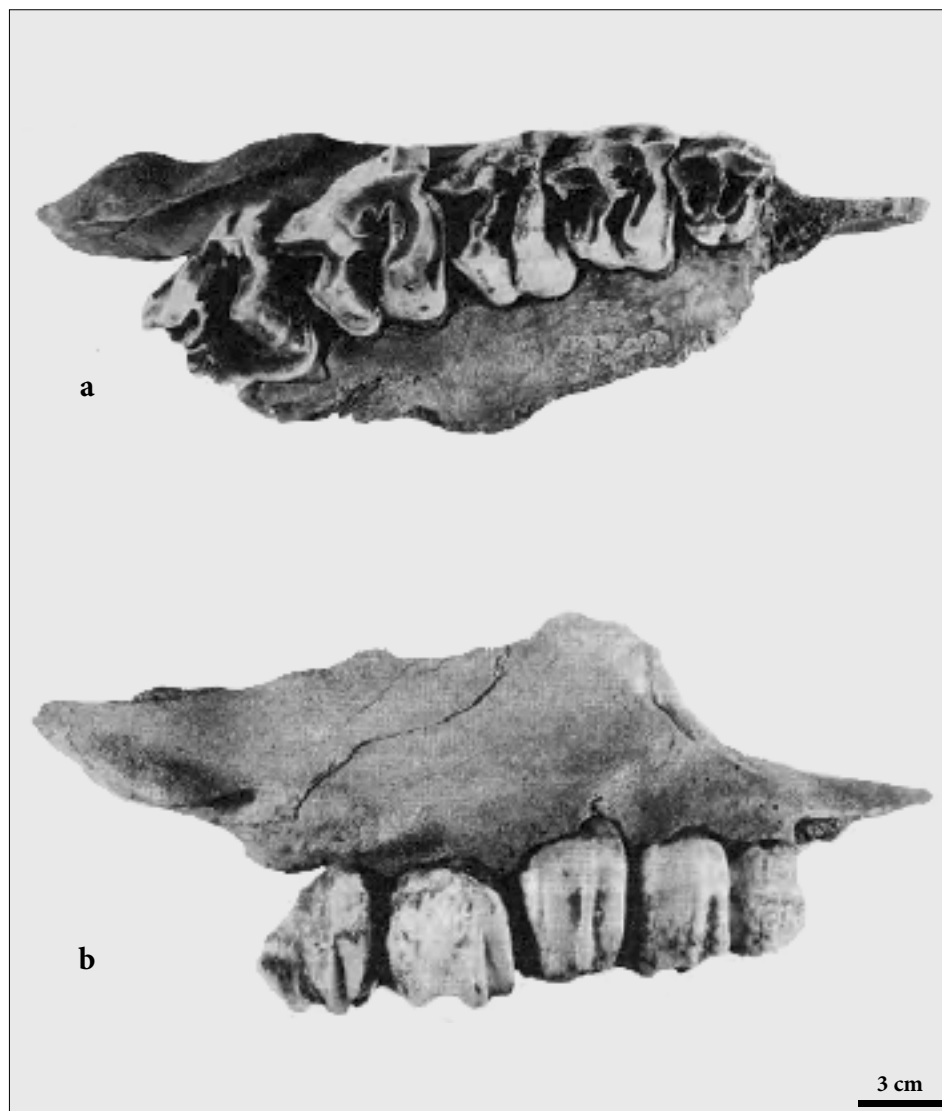



Fig. 10 - *Stephanorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839). No stratigraphical data; Slovakia, Váh river near Šaľa (about 60 km east of Bratislava, Šaľa district, Nitra region, Southwestern Slovakia). Right hemimaxilla with P2-M2: a) occlusal view, b) vestibular view (conservation: Slovenské Národné Múzeum - Prírodovedné Múzeum [Slovak National Museum - Natural History Museum], Bratislava, inv. Z 14170) [after Ďurišová 1994].
- Stephanorhinus kirchbergensis *(Jäger, 1839); stratigrafia indeterminabile; fiume Váh presso Šaľa (ca 60 km ad est di Bratislava, distretto di Šaľa, regione di Nitra, Slovacchia sud-occidentale). Emimascellare destro con P2-M2: a) norma occlusalis, b) norma vestibularis (Slovenské Národné Múzeum - Prírodovedné Múzeum [Museo Nazionale Slovacco - Museo di Storia Naturale], Bratislava, inv. Z 14170) [da Ďurišová 1994].*

447-448) they must be ascribed to *Rhinoceros etruscus* (= *S. etruscus*), not to *S. kirchbergensis*.

Conservation: one of these remains is preserved in the collections of the Istituto di Geologia dell'Università di Padova (Leonardi 1947), the second one is in the collections of the above mentioned Museo Civico di Storia Naturale di Trieste (Leonardi 1945-47).

Till to the Leonardi's research, the second one was believed as coming from Opčine (Opicina or Villa Opicina, in Italian) just as it was reported on its museum label.

An attentive consideration allowed to ascertain that both mandibular fragments are mirror. For this reason, they surely belong to the same individual, so that both them come from the same site (Hvar) (Leonardi 1945-47: 154).

1.4.9 Ossiferous breccia near Pula (Istra / Istria)

Some other remains ascribed to *S. kirchbergensis* could come from ossiferous breccia near Pula (Malez 1963b).

1.5 Hungary

1.5.1 Ördöglyuk cave (about 1 km W of the Solymár village, eastern slope of the Zsíros Hill, NW border of Budapest, left side of the 10 Highway, Budapest-Dorog axis, western side of the Danube)

Two *S. kirchbergensis* fragments of mandible and some postcranial remains of late Middle Pleistocene age - found together with *Bison* (*Urus*) *hungaricus* Kretzoï, 1942 skeletal remains - come from the top of the strata at the "entrance N° 1" of the Ördöglyuk cave (about 300 m asl; Jánossy 1986: 111, 113, Pl II - figs 2, 3, p. 188).

Conservation: Őslénytani és Földtani Tár, Magyar Természet-Tudományi Museúm [Department of Palaeontology, Hungarian Museum of Natural History], Budapest.

Jánossy (1986) chronologically correlated the above mentioned strata with Steinheim (Baden-Württemberg) and Swanscombe (Kent). Further data on the Ördöglyuk cave at Solymár are also available in Fostowicz-Frelik & Gasparik (2006).

1.6 Slovakia

1.6.1 Gánovce-Hrádok (about 3 km SE of Poprad, Poprad district, Prešov region, NE Slovakia)

The first record is attested at Gánovce-Hrádok, a remarkable Pleistocene palaeontological site of Central Europe investigated since the XIX century. The site is well-known because of the find (in 1926) of a *Homo neanderthalensis* King, 1864 travertine cranial endocast recovered together with a radius and a fibula casts (Vlček et al. 1958; Vlček 1969, 1995). A great amount of fossils (mammals, molluscs, plants), of archaeological artifacts from the Middle and Upper Palaeolithic as well as other "younger cultures" artifacts (Neolithic, Aeneolithic, Bronze Age, Hallstatt and Roman Period) were discovered here (Vlček 1995). Fejfar (1958), who investigated the site from 1955 to 1958, recognised seven different layers (from A to G) at Gánovce. The *S. kirchbergensis* remains come from the C layer.

Conservation: a good number of these remains are in the collection of the Národní Muzeum [National Museum, Prague, Czech Republic] and in the Podtatranske Museum in Poprad.

For an exhaustive report on this site *vide autem* in Ďurišová (2008, 2009).

1.6.2 Along the Váh river near Šaľa (about 60 km E of Bratislava, Šaľa district, Nitra region, SW Slovakia)

The second record consists of a right branch of a maxilla [Z 14170] with five very well-preserved teeth (P2–M2) (fig. 10) recovered in fluvial deposits along the Váh river near Šaľa in 1973 (Ďurišová 1994). The dental elements are described in detail by Ďurišová (1994). It is here confirmed that all the odontological traits are peculiar of *S. kirchbergensis*. No stratigraphical data are available.

Conservation: Slovenské Národné Múzeum-Prírodovedné Múzeum [Slovak National Museum - Natural History Museum], Bratislava.

Further data on the Šaľa deposit may be found in Šefčáková et al. (2005).

Fig. 11 - *Dicerorhinus* (= *Stephanorhinus*) *kirchbergensis* (Jäger, 1839) from Chlupáčova sluj [Chlupáč cave] near Koněprusy (Beroun district, central Bohemia): 1 - right second upper molar; 2 - left second upper molar; 3 - left radius, pars dist.; 4 - right fourth upper deciduous molar; 5 - left third upper deciduous molar (after Mostecký 1966).
- Dicerorhinus (= Stephanorhinus) kirchbergensis *(Jäger, 1839); Chlupáčova sluj [grotta Chlupáč] presso Koněprusy (distretto di Beroun, Boemia centrale): 1 - secondo molare superiore dx; 2 - secondo molare superiore sx; 3 - radius sx, pars dist.; 4 - quarto molare superiore deciduo dx; 5 - terzo molare superiore deciduo sx (da Mostecký 1966).*

1.7 Czech Republic

1.7.1 Chlupáčova sluj (Kobyla old mine) and Petrbokova sluj (Zlatý kůň old mine) near Koněprusy (Beroun district, central Bohemia)

Between 1950 and 1970, near the karst locality of Koněprusy (Beroun district, central Bohemia) sixteen *S. kirchbergensis* odontological remains were recovered. Thirteen of them come from Chlupáčova sluj [Chlupáč

Invent. num.	num.	accessory	locality
R1915	36950	*S. kirchbergensis* M_2sin.	Koněprusy, Kobyla, Chlupáčova sluj
R1914	36950	*S. kirchbergensis* M_1sin.	Koněprusy, Kobyla, Chlupáčova sluj
R1742	p111/1957	*S. kirchbergensis* M_2dext.	Koněprusy, Kobyla, Chlupáčova sluj
R1743	111/1957	*S. kirchbergensis* M_1sin.	Koněprusy, Kobyla, Chlupáčova sluj
R1734	p151/1959	*S. kirchbergensis* P_4dext.	Koněprusy, Kobyla, Chlupáčova sluj
R1913	36950	*S. kirchbergensis* P_4sin.	Koněprusy, Kobyla, Chlupáčova sluj
R1740	p111/1957	*S. kirchbergensis* P_4sin. (mléčná)	Koněprusy, Kobyla, Chlupáčova sluj
R1911	!!	*S. kirchbergensis* P_4dext.	Koněprusy, Zlatý kůň, Petrbokova sluj
R1909	p150/1959	*S. kirchbergensis* P_3dext. mléčný	Koněprusy, Zlatý kůň, Petrbokova sluj
R1733	p151/1959	*S. kirchbergensis* P_3sin.	Koněprusy, Kobyla, Chlupáčova sluj
R1739	p111/1957	*S. kirchbergensis* P_2sin. (mléčná)	Koněprusy, Kobyla, Chlupáčova sluj
R1732	p151/1959	*S. kirchbergensis* P_2dext.	Koněprusy, Kobyla, Chlupáčova sluj
R1731	p6/1960	*S. kirchbergensis* P_2sin. (fragment)	Koněprusy, Kobyla, Chlupáčova sluj
R1910	p150/1959	*S. kirchbergensis* P_2sin.	Koněprusy, Zlatý kůň, Petrbokova sluj
R1738	p111/1957	*S. kirchbergensis* P_2sin. (mléčná)	Koněprusy, Kobyla, Chlupáčova sluj
R1912	36950	*S. kirchbergensis* P_2dext.	Koněprusy, Kobyla, Chlupáčova sluj

Tab. I - Detailed list of the sixteen *Stephanorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839) dental elements from Chlupáčova sluj and Petrbokova sluj near Koněprusy (Beroun district, central Bohemia) (after Pícha 2013).
- *Elenco dettagliato dei sedici elementi dentari attribuiti a* Stephanorhinus kirchbergensis *(Jäger, 1839) provenienti da Chlupáčova sluj e da Petrbokova sluj presso Koněprusy (distretto di Beroun, Bohemia centrale) (da Pícha 2013).*

cave] in the Kobyla old mine (MOSTECKÝ 1961, 1966) (some of those remains are in fig. 11). The remaining three teeth were collected in the Petrbokova sluj [Petrbok cave] in the Zlatý kůň old mine (PÍCHA 2013). A detailed list of the sixteen *S. kirchbergesis* remains from both the caves is displayed in tab. I (PÍCHA 2013: 45). From the Chlupáčova sluj also come *Coelodonta antiquitatis* (Blumenbach) remnants (MOSTECKÝ 1961, 1966). Until now, Koněprusy represents the unique Czech locality in which *S. kirchbergensis* remains have been found (Štěpán Pícha 2016, pers. comm.).

Conservation: Národní muzeum [National Museum], Prague.

A recent revision of Pleistocene rhinoceros (*Stephanorhinus etruscus* (FALCONER), *Coelodonta antiquitatis* (BLUMENBACH), *S. kirchbergensis*) in Czech Republic is available in PÍCHA (2013).

2. Northeastern Italian, Austrian, Slovenian, Hungarian, Slovak, and Czech Oligo-Mio-Pliocene rhinoceroses

The species recognised on the six areals are as follows (in alphabetical order): *Aceratherium* (*Alicornops*) aff. *pauliacense* (RICHARD, 1937), *Aceratherium incisivum* KAUP, 1832, *Aceratherium* sp., *Brachypotherium brachypus* (LARTET, 1837), *Brachypotherium* cf. *brachypus* (LARTET, 1837), *Brachypotherium goldfussi* (KAUP, 1834), *Diceratherium kuntneri* SPILLMANN, 1969, *Dicerorhinus schleiermacheri* (KAUP, 1832), *Dicerorhinus steinheimensis* (JÄGER, 1839), "*Dihoplus*" *megarhinus* (DE CHRISTOL, 1834), *Epiaceratherium bolcense* ABEL, 1910, *Haploaceratherium* cf. *tetradactylum* (LARTET, 1851), *Hoploaceratherium* sp. GINSBURG & HEISSIG, 1989, *Hyrachyus* cf. *stehlini* (DEPÉRET, 1904), *Lartetotherium sansaniense* (LARTET, 1848), *Lartetotherium* sp., *Meninatherium teller* ABEL, 1910 (recte *Prohyracodon orientale* KOCH, 1897), *Mesaceratherium gaimersheimense* HEISSIG, 1969, *Praeaceratherium kerschneri* SPILLMANN 1969, *Prosantorhinus laubei* HEISSIG & FEJFAR, 2007, *Protaceratherium minutum* (CUVIER, 1822), *Stephanorhinus jeanvireti* (GUÉRIN, 1972), *Stephanorhinus* cf. *megarhinus* (DE CHRISTOL, 1834).

2.1 NORTHEASTERN ITALY – OLIGO-MIO-PLIOCENE RHINOCEROSES

2.1.1 Monteviale (Monti Lessini orientali, about 8 km NW of Vicenza)

Until now, the most ancient rhinoceros found in North-eastern Italy appears to be *Epiaceratherium bolcense* ABEL, 1910 coming from the Early Oligocene lignite of Monteviale (ABEL 1910; UHLIG 1996: fig. 2 and Pl 1 - figs 1-3; UHLIG 1999). Represented by a juvenile mandible (inv. 28011), through the time these remains had chronologically been ascribed to the *Lophiodon* genus by OMBONI (1901), to the *Hyracodon* genus by STEHLIN (1901), to *Trigonias ombonii* by DAL PIAZ (1930). FABIANI (1915) mentioned this fossil as *Hyracodon ombonii* Stehlin. The attribution by Dal Piaz can not be accepted, having remains of this North American genus (*Trigonias*) never been found in Europe (at least, till to-day). *E. bolcense* is also treated in KOTSAKIS (1984: 142-145) and MARITAN (2005).

Conservation: Museo di Geologia e Paleontologia, Università di Padova.

2.2 AUSTRIA - OLIGO-MIO-PLIOCENE RHINOCEROSES

2.2.1 Alharting (Leonding, Linz-Land district, Oberösterreich)

From two different Oligocene sand horizons near Alharting come remains attributed to *Diceratherium kuntneri* Spillmann ("das kleine Nashorn") and *Praeaceratherium kerschneri* SPILLMANN ("das grosse Nashorn") (SPILLMANN 1969). The remnants referred to *D. kuntneri* consist of cranial and dental material belonging to three individuals found in 1943. Those ascribed to *P. kerschneri* consist of cranial and dental material belonging to only one individual found during excavations carried on between 1935 and 1942.

Conservation: Oberösterreichisches Landes-Museum, Linz.

2.2.2 Gratkorn (about 10 km NNW of Graz, Steyermark)

According to AIGLSTORFER et al. (2014: figs 2-3), at the late Middle Miocene site of Gratkorn remains belonging to *Aceratherium* sp. (a D2 fragment, inv. UMJGP 203711), to *Brachypotherium brachypus* (LARTET, 1837) (a lateral half of astragalus, inv. UMJGP 203434 and a metatarsal II, inv. UMJGP 204720), and to *Lartetotherium sansaniense* (LARTET, 1848) (a M1 and a fragment of M2, inv. UMJGP 203459) were collected.

More details on the Gratkorn site are available in AIGLSTORFER et al. (2014) and in HAVLIK et al. (2014) as well.

2.2.3 Atzelsdorf (about 35 km NE of Vienna, western margin of the Vienna Basin, Niederösterreich)

From Atzelsdorf come both Late Miocene *Aceratherium incisivum* KAUP, 1832, and *Brachypotherium goldfussi* (KAUP, 1834) remains (HEISSIG 2009). According to HEISSIG (2009), the Atzelsdorf site deposits belong to the Hollabrunn-Mistelbach Formation. Biostratigraphic investigations (HARZHAUSER 2009) and well-logging correlations led to a correspondence of the Atzelsdorf fauna with the Vienna Basin Pannonian Zone C, basal MN9, and an absolute age of about 11.2-11.1 Ma.

The *A. incisivum* material consists of: a tibia proximal fragment (NHMW 2008z0060/0001, ex coll Schebeczek

S152), a tibia distal fragment (NHMW 2008z0060/0002, ex coll Schebeczek S151), an astragalus (NHMW 2008z0060/0003, ex coll Schebeczek S151) (Heissig 2009: Pl 1 - fig 1 and Pl 2 - figs 2, 3).

The *B. goldfussi* one consists of: a P2 fragment (NHMW 2008z0061/0001, ex coll Schebeczek S28), a D4 fragment (NHMW 2008z0061/0002, ex coll Schebeczek S99), an os carpale II (NHMW 2008z0061/0003, ex coll Penz P31) (Heissig 2009: Pl 2 - fig. 1 and Pl 2 - figs 2-3).

Conservation: Naturhistorisches Museum [National History Museum, NHMW], Vienna.

2.2.4 Maria Schmolln (Braunau am Inn district, Oberösterreich)

A Miocene tibia distal fragment of *Aceratherium* sp. (inv. 142/1940) was collected at Maria Schmolln (Braunau am Inn, Oberösterreich) (Thenius 1952).

Conservation: Oberösterreichisches Landes-Museum, Linz.

2.2.5 Brunn-Vösendorf (about 10 km SW of Wien, Mödling district, Niederösterreich)

Odontological remains of *Aceratherium incisivum* Kaup, 1832 (Thenius 1953: 75-76; Pl 9 - figs 4-7, 12-14).

2.2.6 Haag am Hausruck (Grieskirchen district, Oberösterreich)

Early Pliocene nasalia ascribed to *Dicerorhinus schleiermacheri* (Kaup, 1832) (inv. 288/1925) (Thenius 1952: fig. 3) were discovered in a gravel quarry at Haag am Hausruck.

Conservation: Oberösterreichisches Landes-Museum, Linz.

2.2.7 Alt-Lichtenwarth (Mistelbach district, Niederösterreich)

Fluvial gravels near Alt-Lichtenwarth yielded Pliocene remains of *Dicerorhinus megarhinus* (de Christol, 1834) [= *Stephanorhinus megarhinus* (de Christol, 1834)] (Thenius 1978).

2.2.8 Oberdorf (N of Voitsberg, Köflach-Voitsberg coalfield, Steiermark)

From the lignite open-cast mine at Oberdorf come some tooth fragments of an uncertain determination (Made 1998). At that time, these remains were considered as belonging to *Aceratherium tetradactylum* (Lartet, 1837) by Mottl (1970).

2.3 Slovenia - Oligo-Mio-Pliocene rhinoceroses

2.3.1 Motnik (about 35 km NE of Ljubljana, Tuhinj Valley, Kamnik municipality)

Meninatherium telleri Abel, 1910 (recte *Prohyracodon orientale* Koch, 1897) remains are known from Motnik (Abel 1910). The material has irremediably been lost during the World War II. Age is unknown (possibly Late Eocene-Early Oligocene).

2.4 Hungary - Eocene-Oligo-Mio-Pliocene rhinoceroses

2.4.1 Csordakút (Gerecse Hills, NW Hungary)

Kocsis (2002) reports on three well-preserved upper molars (M1-M2-M3) ascribed to a juvenile *Hyrachyus* cf. *stehlini* (Depéret, 1904) found in Middle Eocene marine marl of the abandoned bauxit pit of Csordakút II. It was the fourth Eocene fossil land mammal recovered in Hungary. "During Eocene, the Csordakút area lay on an island of the Adriatic microplate of the Tethys. These fossils suggest the possibility of a temporary land connection with the European continent. According to the mammalian fossils, the beds can be correlated to the Rhenanian or Geiseltalian mammalian unit. *Hyrachyus* lived in tropical and subtropical marsh and mangrove on alluvial plains or seashore. This kind of biotope was recognised in Middle Eocene of Transdanubia" (Kocsis 2002).

2.4.2 Rudabánya (Borsod-Abaúj-Zemplén province, NE Hungary)

Heissig (2004) referred to remains of a Late Miocene *Aceratherium incisivum* Kaup, 1832 from Rudabánya.

2.4.3 Kávás (Zala Subbasin, Pannonian Basin, W Hungary)

Late Miocene "*Dihoplus*" *megarhinus* (de Christol, 1834) skull fragments, upper and lower teeth as well as numerous other skeletal remains come from Kávás (Pandolfi et al. 2015, 2016).

Conservation: Őslénytani és Földtani Tár, Magyar Természet-Tudományi Museúm [Department of Palaeontology, Hungarian Museum of Natural History, HNHM], Budapest.

2.4.4 Gödöllő (Pest province, N Hungary)

Stephanorhinus jeanvireti (Guérin, 1972) remains come from Gödöllő (Pest province, Northern Hungary) (Kováč et al. 2011).

2.5 Slovakia - Oligo-Mio-Pliocene rhinoceroses

Slovakia is very rich in fossil rhinoceroses. Records of at least five Oligo-Mio-Pliocene genera were reported on its territory: *Aceratherium* sp., *Haploaceratherium* cf. *tetradactylum* (Lartet, 1851), *Brachypotherium* cf. *brachypus* (Lartet, 1837), *Lartetotherium* sp., *Dicerorhinus steinheimensis* (Jäger, 1839), *Stephanorhinus* cf. *megarhinus* (de Christol, 1834), and *Stephanorhinus jeanvireti* (Guérin, 1972).

One of the most notheworthy site is that of Hajnáčka-I (Rimavská Sobota, Banská Bystrica region) (Ďurišová

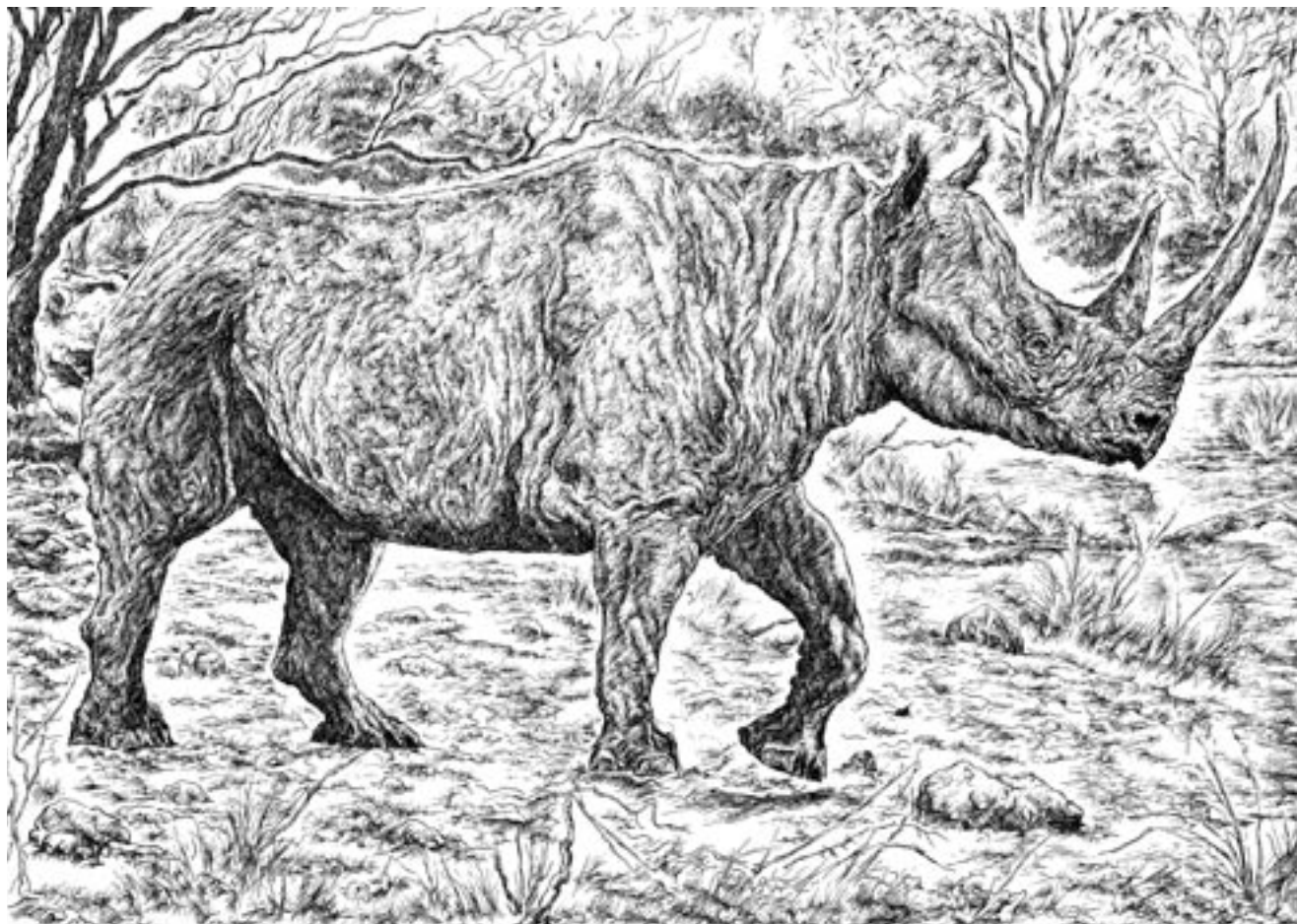



Fig. 12 - Reconstruction of *Stephanorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839) in its hypothetical palaeoenvironment (after Gianfranco Mensi, 2016; personal present. This unpublished illustration is used here through the courtesy of the artist, all rights reserved).
- *Ricostruzione di* Stephanorhinus kirchbergensis *(Jäger, 1839) in un suo ipotetico ambiente (Gianfranco Mensi, 2016; omaggio personale; per gentile concessione dell'artista, inedita, tutti i diritti riservati).*

2004; Sabol et al. 2006, *inter alios*). However, a revision of the Oligo-Mio-Plio-Pleistocene Slovak rhinoceroses is available in Zervanová (2014).

2.6 Czech Republic - Oligo-Mio-Pliocene rhinoceroses

2.6.1 Merkur-North (about 125 km NW of Prague, N Bohemia)

According to Fejfar et al. (2003), at the Merkur-North open brown coal pit remains of Early Miocene (MN3a) *Protaceratherium minutum* (Cuvier, 1822) were recovered.

Merkur-North and Tuchořice (vide 2.6.2 paragraph) are two palaeoecologically different sites, but reveal nearly contemporaneous Early Miocene mammal faunas (Fejfar et al. 2003).

2.6.2 Tuchořice (Louny district, Ústí nad Labem region, NW Bohemia)

From the Early Miocene travertine of Tuchořice come remains assigned to four Rhinocerotidae species just as *Protaceratherium minutum* (Cuvier, 1822), *Aceratherium* (*Alicornops*) aff. *pauliacense* (Richard, 1937), *Mesaceratherium gaimersheimense* Heissig, 1969, *Prosantorhinus laubei* Heissig & Fejfar, 2007 (Fejfar et al. 2003; Heissig & Fejfar 2007).

2.6.3 Czujan's sand pit (2 km E of Mikulov, Ústí nad Labem region, NW Bohemia)

The Czujan's sand-pit - even if it is only occasionally mentioned in published sources - represents a unique locality with a Middle Miocene mammalian assemblage (Březina & Ivanov 2014).

Eleven taxa in total were identified in Czujan'ssand-pit including Rhinocerotidae, Proboscidea, Cervidae, Bovidae, Equidae, Chalicotheriidae, and Carnivora. As to the Rhinocerotidae, remnants of *Hoploaceratherium* sp. Ginsburg & Heissig 1989 and *Brachypotherium* cf. *brachypus* (Lartet, 1837) were discovered in this site. Czujan's sand-pit probably represents fluvial deposits of deltaic channel. Biostratigraphic comparisons between the mammalian species corresponds the age of 14,9-13,5 Ma (Middle-Late Badenian; Astaracian, MN 6 Zone -

lower part of MN7+8 Zone). These individuals represent both forest and open environment species (Březina & Ivanov 2014).

2.6.4 Dětaň (about 30 km E of Karlovy Vary and about 2,5 km S of Nepomyšl, Doupovské hory, NW Bohemia)

From this site come Oligocene highly fragmented skeletal remains ascribed to *Ronzotherium* cf. *filholi* Osborn, 1900 (Mikuláš et al 2003: 94).

Manuscript received on 02.VII.2016, accepted on 20.VII.2016.

Acknowledgments

The authors would like to express their gratitude to Miroslava Janetková (Akademická Knižnica, Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta, Mlynská Dolina, Bratislava) and to Daniela Gondová (Akademická Knižnica, Univerzita Komenského, Filozofická fakulta, Šafárikovo námestie, Bratislava) for kindly supporting their work.

E.B. is much indebted to Gianfranco Mensi for providing the *S. kirchbergensis* reconstruction. Many thanks also to the anonymous Referees.

References

Abel, O. 1910. Kritische Untersuchung über die paläogenen Rhinocerotiden Europas. *Abhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt* 20 (3): 1-52.

Adam, K.-D. 1958. *Dicerorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839) aus einer Karsthöhle bei Crni Kal (Istrien, Jugoslawien) [with Slovenian abstr.]. *Razprave [Dissertationes], Slovenska Akademija Znanosti i Umetnosti (Academia Scientiarum et Artium Slovenica) [SAZU], Ljubljana* 4 (4): 437-40.

Aiglstorfer, M., H. Bocherens & M. Böhme. 2014. Large mammal ecology in the late Middle Miocene Gratkorn locality (Austria). *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironment* 94: 189-213 [doi:10.1007/s12549-013-0145-5].

Aiglstorfer, M., K. Heissig & M. Böhme. 2014. Perissodactyla from the late Middle Miocene Gratkorn locality (Austria). *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments* 94: 71-82 [doi:10.1007/s12549-013-0138-4].

Battaglia, R. 1926. Paleontologia e paletnologia delle grotte del Carso. In *Duemila Grotte,* cur. L.V. Bertarelli & E. Boegan, 75-100. Milano: Touring Club Italiano (ristampa anastatica F.lli. Fachin ed., Trieste, 1986).

Berto, C., & G. Rubinato. 2010. The Upper Pleistocene mammal record from Caverna degli Orsi (San Dorligo della Valle - Dolina, Trieste, Italy). A faunal complex between Eastern and Western Europe. In *Quaternary Stratigraphy and Paleontology of the Southern Russia - Connections between Europe, Africa, and Asia)*, cur. V.V. Titov & A.S. Tesakov, 26. Abstracts of the International INQUA-SEQS Conference, Rostov-on-Don, June 21-26, 2010. Rostov-on-Don: Southern Scientific Centre RAS.

Billia, E.M.E. 2008. Revision of the fossil material attributed to *Stephanorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839) (Mammalia, Rhinocerotidae) preserved in the museum collections of the Russian Federation. *Quaternary International* 179 (1): 25-37 [doi:10.1016/j.quaint.2007.09.034].

Billia, E.M.E. 2011. Occurrences of S*tephanorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839) (Mammalia, Rhinocerotidae) in Eurasia - An account. *Proceedings of the 7th Romanian Symposium of Palentology, Cluj-Napoca, Romania, October 22-24, 2009), Romanian Society of Palaeontologists. Acta Palaeontologica Romaniae* 7: 17-40.

Billia, E.M.E. 2014. *Stephanorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839) (Mammalia, Rhinocerotidae) from European Russia - A new, detailed inventory of sites and referred material. *Central European Geology, Akadémiai Kiadó* 57 (2): 165-95 [doi:10.1556/CEuGeol.57.2014.2.4].

Billia, E.M.E., & J. Zervanová. 2014. New *Stephanorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839) (Mammalia, Rhinocerotidae) records in Eurasia - Addenda to a previous work. *Gortania, Geologia Paleontologia Paletnologia* 36: 55-68.

Borsuk-Bialynicka M., & G. Jakubowski. 1972. The skull of *Dicerorhinus mercki* (Jäger) from Warsaw. *Prace Muzeum Ziemi [Proceedings of the Museum of the Earth]* 20: 187-99.

Bozzi, L. 1891. La flora Cretacea di Vernasso in Friuli. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 10: 371-82.

Březina, J., & M. Ivanov. 2014. Middle Miocene mammals from the Czujan's sand-pit (Mikulov, Czech Republic). *Abstract book of the 15th Czech-Polish-Slovak Paleontological Conference, Banská Bystrica, Slovakia, November 2014*: 34-5. Banská Bystrica: Geological Institute, Slovak Academy of Sciences.

Dalla Vecchia, F.M. 2008. *Vertebrati fossili del Friuli. 450 milioni di anni di evoluzione*. Udine: Pubblicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale, 50.

Dal Piaz, G. 1930. I Mammiferi dell'Oligocene veneto, *Trigonias ombonii*. *Memorie dell'Istituto di Geologia dell'Università di Padova* 9: 2-63.

Ďurišová, A. 1994. *Dicerorhinus kirchbergensis* (Mammalia, Rhinocerotidae) z fluviálnych náplavov Váhu v Šal'i (Slovenská republika). *Zborník Slovenského národného Múzea (Prírodné Vedy)* 40: 7-13.

Ďurišová, A. 2004. Rhinoceroses (*Dicerorhinus jeanvireti* Guérin, 1972). In *Early Villanyian Site of Hajnáčka I, (Southern Slovakia) - Palaeontological Research (1996/ 2000)*, cur. M. Sabol, 98-110. Gemer-Malohont Museum in Rimavská Sobota and Comenius University in Bratislava.

Ďurišová, A. 2008. Mammals of Pleistocene Travertine in Gánovce Site (Northern Slovakia). *The 6th Meeting of the European Association of Vertebrate Palaeontologists. Abstracts volume*: 122-5, 7.

Ďurišová, A. 2009. Pleistocene travertine site of Gánovce (Northern Slovakia). *The 15th International Cave Bear Symposium, September 17-20, 2009, Spišská Nová Ves, Slovakia*: 54-8.

Fabiani, R. 1915. Il Paleogene del Veneto. *Memorie dell'Istituto di Geologia dell'Università di Padova* 3: 1-336.

Fabiani, R. 1919. I mammiferi quaternari della regione Veneta. *Memorie dell'Istituto di Geologia della Regia Università di Padova* 5: 1-174.

Fejfar, O. 1958. Die fossilen Säuger aus den Travertinen in Gánovce bei Poprad. In *Zusammenfassen der Bericht über den Fundort Gánovce und die Reste des Neandertalers in der Zips (ČSR)*, cur. E. Vlček et al., 50-2. Praha: Československá akademie věd. Archeologicky Institut.

Fejfar, O., Z. Dvorák & E. Kadlecová. 2003. New record of Early Miocene (MN3a) mammals in the open brown coal pit Merkur, North Bohemia, Czech Republic. In *Distribution and Migration of Tertiary Mammals in Eurasia - A volume in honour of Hans De Bruijn)*, cur. J.W.F. Reumer & W. Wessels, 163-82. Deinsea 10.

Fostowicz-Frelik, L., & M. Gasparik. 2006. The taxonomic status of leporid remains from Ördöglyuk Cave, Solymár (Hungary). *Acta Zoologica Cracoviensia* 49A (1-2): 151-61.

Frank, Ch., & G. Rabeder. 1997. Willendorf in der Wachau. In *Pliozäne und Pleistozäne Faunen Österreichs - Ein Katalog der wichtigsten Fossilfundstellen und ihrer Faunen)*, cur. D. Döppes & G. Rabeder, 1-69. Wien: Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Freudenberg, W. 1914. Die Säugetiere des Altern Quartärs von Mitteleuropa mit besonderes Berücksichtigung der Faunen von Hundsheim und Deutsch-Altenburg in Niederösterreich nebst Bemerkungen über verwandte Formen anderer Fundorte. *Geologische und Paläontologische Abhandlungen* 12 (4-5): 455-671.

Gorjanović-Kramberger, D. 1904. Der paläolithische Mensch und seine Zeitgenossen aus der Diluvium von Krapina in Kroatien. *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft* 31: 189-216.

Gorjanović-Kramberger, D. 1906. *Der Diluviale Mensch von Krapina in Kroatien*. Wiesbaden, Kreidels: 1-277.

Gorjanović-Kramberger, D. 1913a. Fossilni rinocerotidi Hrvatske i Slavonije, s osobitim obzirom na *Rhinoceros Mercki* iz *Krapine* (De rhinocerotidibus fossilibus Croatie et Slavoniae, praecipua ratione habita *Rhinocerotis Mercki* var. *Krapinensis* mihi) [in Croatian and Latin]. *Djela Jugoslavenske Akademije (JAZU)* 22 (8): 1-70.

Gorjanović-Kramberger, D. 1913b. Život i kultura diluvijalnoga čovjeka iz Krapine u Hrvatskoj. *Djela Jugoslavenske Akademije (JAZU)* 23: 1-54.

Green, R.E., J. Krause, S.E. Ptak, A.W. Briggs, M.T. Ronan, J.F. Simons, L. Du, M. Egholm, J.M. Rothberg, M. Paunović & S. Pääbo. 2006. Analysis of one million base pairs of Neanderthal DNA. *Nature* 444 (7117): 330-6 [doi:10.1038/nature05336].

Green, R.E., A.-S. Malaspinas, J. Krause, A.W. Briggs, Ph.L.F. Johnson, C. Uhler, M. Meyer, J.M. Good, T. Maricic, U. Stenzel, K. Prüfer, M. Siebauer, H.A. Burban, M. Ronan, J.M. Rothberg, M. Egholm, P. Rudan, D. Brajković, Ž. Kućan, I. Gušić, M. Wikström, L. Laakkonen, J. Kelso, M. Slatkin & S. Pääbo. 2008. A complete Neandertal mitochondrial genome sequence determinated by high-throughput sequencing. *Cell* 134 (3): 416-26.

Green, R.E., J. Krause, A.W. Briggs, T. Maricic, U. Stenzel, M. Kircher, N. Patterson, H. Li, Zhai Weiwei, M. Fritz Hsi-Yang, N.F. Hansen, E.Y. Durand, A-S. Malaspinas, J.D. Jensen, T. Marques-Bonet, C. Alkan, K. Prüfer, M. Meyer, H.A. Burbano, J.M. Good, R. Schultz, A. Aximu-Petri, A. Butthof, B. Höber, B. Höffner, M. Siegemund, A. Weihmann, Ch. Nusbaum, E.S. Lander, C. Russ, N. Novod, J. Affourtit, M. Egholm, Ch. Verna, P. Rudan, D. Brajković, Ž. Kućan, I. Gušic, V.B. Doronichev, L.V. Golovanova, C. Lalueza-Fox, M. de la Rasilla, J. Fortea, A. Rosas, R.W. Schmitz, Ph.L.F. Johnson, E.E. Eichler, D. Falush, E. Birney, J.C. Mullikin, M. Slatkin, R. Nielsen, J. Kelso, M. Lachmann, D. Reich, & S. Pääbo. 2010. A draft sequence of the Neandertal genome. *Science* 328 (5979): 710-22 [doi:10.1126/science.1188021].

Harzhauser, M. 2009. The Early Vallesian vertebrates from Atzelsdorf (Austria, Late Miocene). 2-Geology. *Annalen des Naturhistorischen Museum Wien, S.A.* 111: 479-88.

Havlik, Ph., M. Aiglstorfer, A.K. Beckmann, M. Gross & M. Böhme. 2014. Taphonomical and ichnological considerations on the late Middle Miocene Gratkorn locality (Styria, Austria) with focus on large mammal taphonomy. *Palaeobio. Palaeoenv.* 94: 171-88 [doi:10.1007/s12549-013-0142-8].

Heissig, K. 2004. The fossil Rhinoceroses of Rudabànya. *Palaeontographica Italica* 90: 217-58.

Heissig, K. 2009. The early Vallesian vertebrates of Atzelsdorf (Late Miocene, Austria). 11 - Rhinocerotidae and Chalicotheriidae (Perissodactyla). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* 111 A: 619-34.

Heissig, K., & O. Fejfar. 2007. Die fossilen Nashörner (Mammalia, Rhinocerotidae) aus dem Untermiozän von Tuchořice in Nordwestböhmen. In *Die Säugetiere aus dem Untermiozän von Tuchořice in Nordwestböhmen*. Sborník Národního Muzea v Praze - Acta Musei Nationalis Pragae (Řada B, Přírodní Vědy - ser. B, Historia Naturalis/Natural History) 63 (1): 19-64.

Jánossy, D. 1986. *Pleistocene Vertebrate Faunas of Hungary*. Budapest: Akadémiaio Kiadó: 1-209 [a revised translation of: Jánossy, D. 1979. A Magyarországi Pleisztocén Tagolása Gerinces Faunák Alapján. Budapest: Akadémiaio Kiadó].

Jelinek, J. 1969. Neanderthal man and *Homo sapiens* in Central and Eastern Europe. *Current Anthropology* 10: 475-503.

Kocsis, L. 2002. Vertebrates remains of the Middle Eocene Csordakút basin, Hungary. *Abstracts of the 7th European Workshop on Vertebrate Palaeontology, Sibiu, Romania, July 2002*, 23.

Kotsakis, T. 1984. Problemi paleobiogeografici dei mammiferi fossili italiani - Le faune oligoceniche. *Geologica Romana* 23: 141-55.

Kovać, M., R. Synak, K. Fordinál, P. Joniak, C. Tòth, R. Vojtko, A. Nagy, I. Baráth, J. Maglay & J. Minár. 2011. Late Miocene and Pliocene history of the Danube Basin: inferred from development of depositional systems and timing of sedimentary facies changes. *Geologica Carpathica* 62: 519-34.

Leonardi, P. 1945-47. Resti fossili di rinoceronti del Museo di Storia Naturale di Trieste. *Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste* 16 (12): 145-60.

Leonardi, P. 1947. Resti fossili inediti di rinoceronti conservati nelle collezioni dell'Istituto Geologico dell'Università di Padova. *Memorie dell'Istituto di Geologia dell'Università di Padova* 15: 1-30.

Loose, H.K. 1975. Pleistocene Rhinocerotidae of Western Europe with Reference to the Recent Two-horned Species of Africa and S.E. Asia. *Scripta Geologica* 33: 1-59.

Made, J.v.d. 1998. Vertebrates from the Early Miocene lignite deposits of the opencast mine Oberdorf (Western Styrian Basin, Austria). 8-Rhinocerotidae (Mammalia). *Annalen des Naturhistorischen Museum in Wien* 99A: 163-8.

Malez, M. 1958. Neki noviji rezultati paleontološkog istraživanija Pećine Veternice [Einige neue Resultate

derpaläntologischen Erforshung der Höhle Veternica]) [in Croatian and German]. *Palaeontologia Jugoslavica* 1: 5-24.

Malez, M. 1960-61. Nalaz dvaju pleistocenskih sisavaca kod Zagreba i pregled okolnih nalazišta [The find of two Pleistocene mammals near Zagreb and an overview on adjacent find localities] [in Croatian, German summ.]. *Geoloski Vjesnik* 14: 63-88.

Malez, M. 1961. Staro pleistocenska fauna koštane breće poluotoka Marjana kod Splita [Die Altpleistozäne Brekzienfauna der Halbinsel Marjan bei Split (Dalmatien)] [in Croatian, German summ.]. *Palaeontologia Jugoslavica* 4: 5-43.

Malez, M. 1963a. Qvartarna Fauna Pećine Veternice u Medvednici [Die Quartäre Fauna der Höhle Veternica (Medvednica, Kroatien)] [in Croatian, German summ.]. *Palaeontologia Jugoslavica* 5: 108-112+178-179.

Malez, M. 1963b. Pećina Veternica u Medvednici - I. Opći speleološki pregled - II. Stratigrafija kvartarnih taložina. *Acta Geologica* 4.

Malez, M. 1970. Rezultati revizija pleistocenska fauna iz Krapine [Results of the revision of the Pleistocene fauna from Krapina] [in Croatian, German & English]. In *Krapina 1899-1969*, 45-56.

Malez, M. 1978a. Novija istraživanja paleolitika u Hrvatskom Zagorju. In *Arheoloska istraživanja u Sjeverozapadnoj Hrvatskoj*, cur. Z. Rapanic, 6-69. Hrvatsko arheolosko drustvo 2.

Malez, M. 1978b. Populacije neandertalaca i neandertalcima slicnih ljudi u Hrvatskoj. In *Krapinski Pracovjek I Evolucija Hominida*, cur. M. Malez, 331-71. Zagreb: Jugoslavenska Akademija Znanosti i Umjetnosti.

Malez, M. 1978c. Fossile Menschen aus Nordwestkroatien und ihre quartärgeologische, paläontologische und paläolithische Grundlage. *Collegium Antropologicum* 2: 29-41.

Malez, M. 1986. Die quartären Vertebraten-Faunen in der SFR Jugoslawien [English & Russian summ.]. *Quartärpaläontologie* 6: 101-17.

Malez, M., F.H. Smith, J. Radovčić & D. Rukavina, 1980. Upper Pleistocene hominids from Vindija, Croatia, Yugoslavia. *Current Anthropology* 21: 365-7.

Maritan, M. 2005. *I mammiferi delle ligniti dell'Oligocene di Monteviale (Vicenza) conservati nel Museo di Geologia e Paleontologia dell'Università di Padova*. Thesis presented at the Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica dell'Università di Padova.

Meyer, H.v. 1863-64. Die diluvianen Rhinoceros-Arten. *Palaeontographica* 11: 233-83.

Miracle, P.T., & D. Brajković. 1992. Revision of the Ungulate Fauna and Upper Pleistocene Stratigraphy of Veternica Cave (Zagreb, Croatia). *Geologia croatica* 45: 1-14.

Molon, F. 1875. Sulle ossa fossili della caverna di Zoppega al monte S. Lorenzo, presso S. Bonifazio di Verona. *Atti del Regio Istituto Veneto di Scienze* s. 5, 1: 1-22.

Mostecký, V. 1961. Pleistocénní savci z "Chlupáčovy sluje" na Kobyle u Koněprus (Berounsko). *Časopis Národního muzea, odd. přírodov.* 130 (1): 22-5.

Mostecký, V. 1966. Rhinocerotidae aus der Höhle "Chlupáčova sluj" bei Koněprusy. *Sborník Národního Muzea v Praze - Acta Musei Nationalis Pragae* 22 B (4): 143-61.

Mottl, M. 1970. Die jungtertiären Säugetierfaunen der Steiermark, Südost-Österreichs. *Mitteilungen des Museums für Bergbau, Geologie und Technik am Landesmuseum "Joanneum"* 31:3-85.

Omboni, G., 1901. Denti di *Lophiodon* degli strati eocenici del Monte Bolca. *Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti di Padova* 60: 631-38.

Pandolfi, L., M. Gasparik & I. Magyar. 2016. Rhinocerotidae from the Upper Miocene deposits of the Western Pannonian Basin (Hungary) - Implications for migration routes and biogeography. *Geologica Carpathica* 67 (1): 69-82 [doi:10.1515/geoca-2016-0004].

Pandolfi, L., M. Gasparik & P. Piras. 2015. Earliest occurrence of "*Dihoplus*" *megarhinus* (Mammalia, Rhinocerotidae) in Europe (Late Miocene, Pannonian Basin, Hungary) - Palaeobiogeographical and biochronological implications - La plus ancienne occurrence de "*Dihoplus*" *megarhinus* (Mammalia, Rhinocerotidae) en Europe (Miocène supérieur, basin Pannonien, Hongrie) - Implications paléobiogéographiques et biochronologiques. *Annales de Paléontologie* 101: 325-39 [http://dx.doi.org/10.1016/j.annpal.2015.09.001].

Pellarini, P. 1999. Note sul rinvenimento di alcuni resti fossili di *Stephanorhinus kirchbergensis* (Jaeger, 1839) provenienti dalla cava di Vernasso (Cividale, Udine). *Gortania. Atti del Museo Friulano di Storia Naturale* 21: 65-8.

Persico, D., E.M.E. Billia, S. Ravara & B. Sala. 2015. The skull of *Stephanorinus kirchbergensis* (Jäger, 1839) (Mammalia, Rhinocerotidae) from Spinadesco (Cremona, Lombardia, Northern Italy): morphological analyses and taxonomical remarks - An opportunity for revising the three other skulls from the Po Valley. *Quaternary Science Reviews* 109: 28-37.

Pícha, S. 2013. *Revize pleistocénních zástupců čeledi nosorožcovitých (Rhinocerotidae, Mammalia) v ČR [Review of the Pleistocene Representatives of the Family Rhinoceroses (Rhinocerotidae, Mammalia) in Czech Republic]*. Diplomová práce [Diploma thesis] presented to the Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Master of Sciences, 1-108.

Rakovec, I. 1933. *Coelodonta mercki* Jäger iz Dolarjeve jame pri Logatcu [*Coelodonta mercki* Jäger aus der Höhle "Dolarjeva jama" bei Logatec] [in Slovenian]. *Prirodne Razprave [Dissertation on Natural Science], Slovenska Akademija Znanosti i Umetnosti (Academia Scientiarum et Artium Slovenica) [SAZU], Ljubljana* 2: 5-41.

Rakovec, I. 1942. Nosorog s Kamnitnika pri Skofji Loki [On the rhinoceros remains from Kamnitnik hill near Skofya Loka] [in Slovenian]. *Mat.-Prirodoslov. Razprave [Math.-Natural History Dissertation], Slovenska Akademija Znanosti i Umetnosti (Academia Scientiarum et Artium Slovenica) [SAZU], Ljubljana* 2: 241-62.

Rakovec, I. 1958. The Pleistocene Mammalia from the cave Črni Kal in Northern Istria. *Prirodne Razprave [Dissertation on Natural Science], Slovenska Akademija Znanosti i Umetnosti (Academia Scientiarum et Artium Slovenica) [SAZU], Ljubljana* 4: 367-433.

Rakovec, I. 1959. Kvartarna sesalka favna iz Betalovega spodmola pri Postojni [Quaternary mammalian fauna from the Betalov Spodmol Cave near Postojna]. *Razprave [Dissertation on Natural Science], Slovenska Akademija Znanosti i Umetnosti (Academia Scientiarum et Artium Slovenica) [SAZU], Ljubljana* 5: 287-348.

Sabol, M., V. Konečný, D. Vass, M. Kováčová, A. Ďurišová & I. Túnyi. 2006. Early Late Pliocene site of

Hajnáčka I - Geology, palaeovolcanic evolution, fossil assemblages and palaeoenvironment. *Courier Forschungs-Institut Senckenberg* 256: 261-74.

Schroeder, H. 1903. Die Wirbelthier-Fauna des Mosbacher Sandes - 1. Gattung *Rhinoceros*. *Abhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Preussischen Geologischen Landesanstalt* 18: 1-143.

Schwartz, J.H., & I. Tattersall. 2006. Morphology, Variability, and Systematics - Lessons from Krapina. *Periodicum Biologorum* 108 (4): 389-401.

Scortegagna, F.O. 1844. Notizie sulle ossa fossili degli animali mammiferi rinvenute sepolte nel Monte Zoppega. *Annali di Scienze del Regno Lombardo-Veneto* 5-6.

Šefčáková, A., R. Halouzka & M. Thurzo. 2005. Príspevok k histórii, stratigrafii a datovaniu neandertálca Šaľa 1 zo Slovenska [Contribution to the history, stratigraphy and dating of the Neanderthal specimen Šaľa 1 from Slovakia] [in Slovak]. *Acta Rerum Naturalium Musei Nationalis Slovaci* 51: 71-87.

Smith, F.H. 1976a. *The Neandertal Remains from Krapina - A Descriptive and Comparative Study*. University of Tennessee, Department of Anthropology, Report of Investigations 15.

Smith, F.H. 1976b. A fossil hominid frontal from Velika Pećina (Croatia) and a consideration of Upper Pleistocene hominids from Yugoslavia. *American Journal of Physical Anthopology* 44 (1): 127-34 [doi:10.1002/ajpa.1330440118].

Smith, F.H., E. Trinkaus, P.B. Pettitt, I. Karavanić & M. Paunović, 1999. Direct radiocarbon dates for Vindija G1 and Velika Pećina Late Pleistocene hominid remains. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96 (22): 12281-6 [doi:10.1073/pnas.96.22.12281].

Spillmann, F. 1969. Neue Rhinocerotiden aus den oligozänen Sanden des Linzer Beckens. *Jahrbuch des Oberösterreichischen Musealvereines* 114 (1): 201-54.

Staesche, K. 1941. Nashörner der Gattung *Dicerorhinus* aus Diluvium dem Württembergs. *Abhandlungen der Reichsanstalt Bodenforschungen*, 200: 1-148.

Stehlin, H.G. 1901. Appendice alla nota sui denti di *Lophiodon* del Bolca. *Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti di Padova* 61: 189-91.

Thenius, E. 1952. Die Säugetierreste aus dem Jungtertiär des Hausruck und Kobernausserwaldes (O.-Österreich) und die Alterstellung der Schichten. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 95 (1): 119-44.

Thenius, E. 1953. Mammalia. In *Vösendorf - Ein Lebensbild aus dem Pannon des Wiener Beckens - Ein Beitrag zur Geologie und Paläontologie der unterpliozänen Gongerienschichten des südlichen Wiener Beckens*, cur. A. Papp & E. Thenius E., 1-125. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien, 46.

Thenius, E. 1956-59. Die jüngpleistozäne Wirbeltierfauna von Willendorf i. d. Wachau, N.Ö. *Mitteilungen der Prähistorischen Kommission, Österreichische Akademie der Wissenschaften* 8-9: 133-70.

Toula, F. 1902. Das Nashorn von Hundsheim *Rhinoceros* (*Ceratorhinus* Osborn) *hundsheimensis* nov. form. mit Ausführungen über die Verhältnisse von elf Schädeln von *Rhinoceros* (*Ceratorhinus*) *sumatrensis*. *Abhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt* 19 (1): 1-92.

Toula, F. 1907. *Rhinoceros mercki* Jäger in Österreich. *Jahrbuch der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt* 77 (3): 445-54.

Trinkaus, E., & F.H. Smith. 1995. Body Size of the Vindija Neanderthals. *Journal of Human Evolution* 28: 201-8. [doi:10.1006/jhev.1995.1015].

Uhlig, U. 1996. Erstfund eines juvenilen Unterkiefers von *Epiaceratherium bolcense* Abel, 1910 (Rhinocerotidae, Mammalia) aus dem Unteroligozän von Monteviale (Italien). *Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie* 36: 135-44.

Uhlig, U. 1999. Paleobiogeography of some Paleogene rhinocerotoids (Mammalia) in Europe. *Acta Palaeontologica Romaniae* 2: 477-81.

Valoch, K. 1968. Evolution of the Paleolithic in Central and Eastern Europe. *Current Anthropology* 9: 351-90.

Vlček, E. 1969. *Neandertaler der Tschechoslowakei*. Praha: Academia, 1-276.

Vlček, E. 1995. Kamenný mozek. Výlitek mozkovny neandertálce, Hrádok v Gánovcích na Spiši. *Vesmír* 74 (11): 615-24.

Vlček, E. et al., 1958. *Zusammenfassender Bericht über den Fundort Gánovce und die Reste des Neandertalers in der Zips (ČSR)*. Praha: AÚ ČSAV, 1-81.

Vuković, S. 1953. Pećina Vindija kao pre historijska stanica. *Speleolog - Časopis Speleološke Sekcije P.D. Željezničar* 1 (1).

Vuković, S. 1954. Istraživanje pretpećinskog terena Vindije. *Speleolog - Časopis Speleološke Sekcije P.D. Željezničar* 2: 23-8.

Woldřich, J.N. 1882. Beiträge zur Fauna der Breccien und anderer Diluvial-gebilde Oesterreichs mit besonderer Berücksichtigung des Pferdes. *Jahrbuch der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt* 32 (4): 435-70.

Woldřich, J.N. 1886. Diluviale Funde in der Prachover Felsen bei Jicin in Böhmen. *Jahrbuch der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt* 37 (2): 223-32.

Woldřich, J.N. 1893. Reste diluvialer Faunen und des Menschen aus dem Waldviertel Niederösterreichs. *Denkschriften der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Klasse der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften* 60: 566-634.

Wolpoff, M.H. 1979. The Krapina dental remains. *American Journal of Physical Anthropology* 50: 67-113.

Wolpoff, M.H. 1980. *Paleoanthropology*. New York: Knopf, 1-878.

Wolpoff, M.H., F.H. Smith, M. Malez, J. Radovčić & D. Rukavina. 1981. Upper Pleistocene remains from Vindija Cave, Croatia, Yugoslavia. *American Journal of Physical Anthropology* 54: 499-545 [doi:10.1002/ajpa.1330540407].

Wüst, E. 1909. Das Vorkommen von *Rhinoceros merckii* Jäger in den oberen Travertinen von Ehringsdorf bei Weimar und seine Bedeutung für die Beurteilung der Klimaschwankungen das Eiszeitalters. *Centralblätter für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* 3: 23-5.

Wüst, E. 1911. Zwei bemerkenswerte *Rhinoceros*-Schädel aus dem Pliozän Thüringens. *Palaeontographica* 58: 133-8.

Wüst, E. 1914. Rhinoceros-zähne aus dem Sande von Mauer bei Heidelberg. In *Die Säugetiere des Älteren Quartärs von Mitteleuropa mit Besonder Berücksichtigung der Faunen von Hundsheim und Deutsch-Altenburg in Nieder-Österreich nebst Bemerkungen über verwandte Formen anderer*

Fundorte, cur. W. Freudenberg, 23-6+475-8. Geologische und Paläontologische Abhandlungen 12 (4-5).
Zervanová, J. 2014. *Vyhynutí Zástupcovia Čeľade Rhinocerotidae z Územia Slovenska - Celkové Zhodnotenie [Extinct Representatives of the Rhinocerotidae Family from Territory of Slovakia - A Revision] [in Slovak, English abstr*]. Dizertačná Práca [dissertation]. Thesis presented to the Comenius Univ. of Bratislava, Faculty of Natural Sciences, Chair of Geology and Palaeontology, 1-187.

Authors' addresses - Indirizzi degli Autori:
- Emmanuel M.E. Billia
  via Bacchiglione 3, I-00199 ROMA
  e-mail: e.billia@yandex.ru, eme.billia@alice.it
- Júlia Zervanová
  Drobného 16/9, SK-84101 BRATISLAVA
  e-mail: lia20lia@gmail.com

Manuela Montagnari Kokelj
Federico Bernardini

"PIETRA VERDE, NEOLITICO E POST NEOLITICO, CARSO... LO STATO DELLA QUESTIONE" 15 ANNI DOPO

"GREENSTONE, NEOLITHIC AND POST-NEOLITHIC, KARST... THE CURRENT STATE OF THE ART" 15 YEARS LATER

Riassunto breve - A distanza di quindici anni dalla pubblicazione della prima raccolta sistematica di dati sui reperti preistorici/protostorici in "pietra verde" - lame d'ascia, asce forate e altri manufatti in pietra levigata - provenienti da siti del Carso triestino (Montagnari 2001), è stata fatta una nuova revisione, presentata analiticamente in questa sede. Il riesame è stato considerato particolarmente utile anche perché un progetto interdisciplinare avviato a seguito dei primi studi sulla "pietra verde" ha portato a risultati di grande interesse soprattutto per quanto riguarda la caratterizzazione e provenienza dei vari tipi di roccia usati e, conseguentemente, nella definizione dei contatti culturali che i diversi luoghi di origine possono suggerire. La presente nota riporta così in appendice il catalogo aggiornato delle "pietre verdi" rinvenute nel Carso triestino.
Parole chiave: "Pietra verde", Carso triestino, preistoria/protostoria, progetto interdisciplinare.

Abstract - *A new analysis of prehistoric and protohistoric "greenstone" artefacts - axe blades, shaft-hole axes and other polished stone artefacts - found in the Trieste Karst (Montagnari 2001) has been made 15 years after the first systematic collection of data. This analysis has been carried out also because the interdisciplinary project stimulated by the first studies on "greenstone" has obtained very interesting results in particular on the characterization and provenance of the different rock types used, and, consequently, on the possible cultural links suggested by their diversified origin. The note is supplemented by an updated catalogue of "greenstones" found in the Trieste Karst.*
Key words: *"Greenstone", Trieste Karst, prehistory/protohistory, interdisciplinary project.*

Introduzione

Nel volume n. 38 di Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan" fu pubblicato l'articolo *Pietra verde, Neolitico e post-Neolitico, Carso e Friuli (Italia nord-orientale): lo stato della questione* (Montagnari Kokelj 2001) che, sulla scia di un primo studio sulle asce forate in pietra verde del Friuli Venezia Giulia (D'Amico et al. 1996) e di due successive tesi di laurea dedicate a questo argomento (Peloi 1996-1997; Ingrascì 1999-2000), poneva alcune questioni di metodo e allo stesso tempo raccoglieva i dati sui diversi manufatti in pietra levigata rinvenuti nel Carso triestino. Questi lavori hanno posto le basi per l'avvio di un progetto di lunga durata, tuttora in corso, che ha avuto da subito un carattere marcatamente interdisciplinare e un'estensione ben oltre i confini della regione.

Interdisciplinarità: è stata assicurata, sin dall'inizio del progetto, dal coinvolgimento diretto del prof.Claudio D'Amico (petrografo dell'Università degli Studi di Bologna, che da decenni segue questi studi anche per l'Italia nord-orientale, cfr. D'Amico 2012; D'Amico & Starnini 2012; D'Amico et al. 2002), e in seguito dal suo supporto a distanza al gruppo di archeologi, petrografi, geologi, geochimici e fisici - appartenenti all'Università degli Studi di Trieste, al The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP) - Multidisciplinary Laboratory, e a ELETTRA - Sincrotrone Trieste S.C.p.A. - che si è costituito nell'arco di alcuni anni a Trieste.

Internazionalizzazione: dall'ampliamento dello studio originario intra-regionale a quello di manufatti in pietra verde e dei relativi contesti di rinvenimento al di là dei confini, e all'inclusione nel team di ricercatori sloveni, croati e poi ungheresi, il passo è stato breve, e ha garantito una duratura continuità di collaborazione.

Le sinergie che si sono così attivate fra ricercatori ed enti hanno portato a una prima formulazione di un programma di lavoro mirato essenzialmente allo

studio delle asce forate - ma di fatto esteso quasi subito anche alle lame d'ascia[1] - che prevedeva più linee d'intervento: valutazione preliminare dello stato delle conoscenze; creazione di un database georiferito tramite GIS (*Geographic Information System*); definizione di una tipologia comune; analisi di manufatti rinvenuti nei diversi territori; ricognizioni sul terreno e campionature volte a individuare le possibili formazioni geologiche di provenienza delle rocce usate per la fabbricazione dei manufatti in esame; studio delle dinamiche d'interazione fra gruppi umani connesse all'approvvigionamento e allo scambio di materie prime e manufatti finiti in pietra verde (Montagnari Kokelj et al. 2006). Alcune di queste linee di ricerca sono state sviluppate più di altre, soprattutto quelle di natura geo-archaeologica e archeometrica, essenziali per una successiva discussione delle tematiche culturali *lato sensu*.

I risultati delle ricerche sono apparsi via via su riviste scientifiche, in particolare *Archaeometry* e *Journal of Archaeological Science*, o in altre sedi (Alberti et al. 2007; Bernardini et al. 2008, 2009a, 2009b, 2010, 2011a, 2011b, 2011c, 2012, 2014a, 2014b). Una sintesi dei dati, acquisiti in circa dieci anni di lavoro, è stata poi presentata nel 2014, in occasione della XLIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Bernardini et al. in stampa), mentre altri articoli hanno analizzato l'impatto di questi dati sullo stato delle conoscenze riguardanti i contatti culturali attivi nella tarda preistoria nell'Alto Adriatico (in particolare Bernardini, Montagnari Kokelj & Veluščček 2009; Bernardini et al. in prep.).

1. Manufatti "nuovi" (ri)trovati nel Carso triestino

Il numero di manufatti noti nei primi anni 2000 è aumentato notevolmente, sia in regione sia in Slovenia e Croazia, non solo grazie agli studi che rientrano nel progetto, ma anche a nuovi scavi e indagini di superficie in varie zone dell'area in esame, ad eccezione della Venezia Giulia. Qui un incremento di dati è stato reso possibile, invece, da revisioni sistematiche di materiali raccolti nel corso di ricerche del passato, che hanno "scoperto" parecchi manufatti non registrati precedentemente.

Per quanto concerne in particolare il Carso triestino, sono state trovate nel deposito del Civico Museo di Storia ed Arte di Trieste una lama d'ascia conservata fra i materiali della grotta dell'Orso e un tagliente di lama rotto e riaffilato con indicazione "Crinale Val Rosandra" [2], provenienti quasi sicuramente da indagini condotte da Marchesetti[3].

Nella Val Rosandra si aprono varie grotte fra cui quella delle Porte di Ferro, nella quale Battaglia trovò, negli anni 1928?-1929, una lama d'ascia, mentre in data imprecisata ne recuperò un'altra di piccole dimensioni in una caverna nei dintorni di Aurisina, e un'ascia forata nella "grotta presso Slivie", come indicato sul cartellino che la accompagna: tutti i reperti sono conservati nella Collezione Battaglia dell'Università di Padova, in un lotto di materiali provenienti dal Carso triestino oggetto di riesame e di recente pubblicazione[4].

Se è corretta l'ipotesi che l'ultima cavità citata sia identificabile con la Russa Spila - conosciuta anche, appunto, con il nome di grotta presso Slivia o dei Ladroni -, i manufatti in pietra levigata ivi rinvenuti sarebbero 2, perché secondo Leben (1967: 70) una lama d'ascia vi fu trovata in precedenza da Moser o da Perko.

Infine, sempre da un nuovo controllo della letteratura è emerso un altro dato che, come nel caso precedente, non era stato notato prima: nel riparo delle Vipere, oltre al frammento di lama d'ascia proveniente dallo scavo fatto nel 1981 dal Gruppo di Ricerche di Paleontologia Umana dell'Associazione XXX Ottobre di Trieste, sarebbe stata recuperata casualmente anche un'ascia in buone condizioni di conservazione, di cui peraltro si persero subito le tracce (Marzolini 1984: 67).

Da ultimo va detto che l'articolo del 2001 era stato dedicato ai rinvenimenti in grotta, quindi non erano state incluse né la piccola lama d'ascia rinvenuta nel sito all'aperto di Stramare, né le asce forate provenienti dal castelliere di Montedoro[5] e da Opicina[6].

1) Il termine "lama d'ascia" (che traduce letteralmente l'inglese *axe blade*) sostituisce quello di "ascia/accetta" usato in precedenza perché in certa misura più neutro, dal momento che non sono stati sciolti i dubbi di attribuzione (v. ad es., Lunardi 2003: 69).

2) L'ipotesi di attribuzione a Marchesetti si basa sul fatto che lo studioso scavò sia nella grotta dell'Orso - dove, però, avrebbe rinvenuto soltanto 2 e non 3 asce (Marchesetti 1890: 164) - sia in quella delle Gallerie in Val Rosandra, zona che verosimilmente perlustrò in modo sistematico (v. Montagnari Kokelj 1994; Salvador 2011-2012).

3) Nel deposito del CMSA è stata rintracciata anche una lama d'ascia (n. cat. 5) che, in base all'indicazione della didascalia della foto pubblicata da Battaglia nel 1926, dovrebbe essere stata rinvenuta nella grotta Azzurra, ma forse non da Marchesetti perché lo studioso, sempre molto preciso nelle sue relazioni, non la menzionò nell'articolo sugli scavi fatti (Marchesetti 1895).

4) Càssola Guida & Montagnari Kokelj (2013): Porte di Ferro, 190-191, 245; caverna nei dintorni di Aurisina, 206 e fig. 1/7 a p. 209; "grotta presso Slivie", 206. A Padova è stato rintracciato anche il frammento di lama d'ascia trovato nella grotta delle Gallerie e illustrato da Battaglia nell'articolo del 1926 (v. Càssola Guida & Montagnari Kokelj 2013, p. 175 e fig. 8/5).

5) I rinvenimenti di Stramare e Montedoro sono citati e illustrati in Montagnari Kokelj (1997).

6) L'ascia forata scoperta a fine '800 da C. Marchesetti a Villa Opicina, non rintracciata al tempo del primo riscontro, è stata invece ritrovata nel corso di un recente controllo nei depositi del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste.

2. Manufatti complessivamente noti

Quanto esposto sopra permette di aggiornare lo stato delle conoscenze sulla pietra verde nel Carso triestino, in prima battuta in termini quantitativi e di conservazione/dispersione.

I dati analitici sono presentati nel catalogo (tab. I), corredati dalle riproduzioni grafiche e fotografiche che è stato possibile recuperare (figg. 1-3). Per quanto riguarda le immagini, la diversa qualità dipende dalle pubblicazioni originali e dal fatto che solo in pochi casi i pezzi sono stati disegnati di recente. Nel caso del reperto n. 16 di fig. 3 scoperto nella grotta Gigante viene riportato il disegno pubblicato in Andreolotti, Stradi (1972), identificato con la lettera "a", e quello, identificato invece con la lettera "b", pubblicato in Peloi (1996-1997) che lo attribuiva erroneamente alla grotta Azzurra.

In sintesi, rispetto a una quindicina di anni fa, si nota che:

- I manufatti individuati al tempo - comprensivi di asce (*lato sensu*), scalpelli e pendagli - erano 50[7], fra conservati (stimati al 70-80%) e no; a questi se ne aggiungono 5 nuovi e 5 non registrati allora, che portano il totale a 60. Oltre al ritrovamento di nuovi pezzi, i controlli nei vari depositi hanno permesso di rintracciarne alcuni dati per dispersi - Azzurra (n. cat. 5) e Gigante, quest'ultima riattribuita in base a più elementi (n. cat. 1, note) -, e di sciogliere i dubbi sulla presenza di altri 3 (le 2 lame d'ascia dalla Tartaruga e quella dalla grotta a S del Monte Straza o Valentina); all'opposto, mancherebbero ora il frammento trovato da Stradi alle Gallerie e le 2 asce del riparo di Monrupino[8]. Malgrado queste possibili perdite e alcune incertezze, la percentuale complessiva di conservazione sarebbe comunque abbastanza alta[9].
- Le lame d'ascia passano da 18 a 26 o 27 (essendo dubbia la tipologia dell'ascia rinvenuta da sconosciuti nel riparo delle Vipere): in realtà erano già 20 - per un errore di conteggio di un'unità in meno, e uno di attribuzione (Orso)[10] -, alle quali si sommano 4 nuovi reperti e 3 (ma v. immediatamente *supra*) non registrati prima.
- Le asce forate, 17 nell'articolo di Montagnari Kokelj (2001), diventano 20 con quelle di Opicina e Montedoro, già note ma non inserite nell'elenco per l'esclusione intenzionale dei siti all'aperto, e quella della "grotta presso Slivie", trovata più tardi nella Collezione Battaglia conservata all'Università di Padova.

3. Nuovi dati sulle materie prime usate per la produzione di lame d'ascia e asce forate

Gli studi recenti hanno aumentato le conoscenze sia sulle presenze di manufatti in pietra levigata, sia sulle rocce usate per produrli. Infatti, il progetto interdisciplinare di cui si è detto in introduzione non solo ha ampliato molto la base di dati per l'intera area in esame, ma ha anche annullato alcuni punti critici evidenziati nel 2001 (Montagnari Kokelj 2001: 78). È aumentato, infatti, il numero di reperti sottoposti ad analisi - fra cui sono state incluse regolarmente le lame d'ascia -, e sono state fatte ricognizioni geologiche sistematiche, con campionature di rocce poi analizzate, in varie zone di Slovenia, Austria, Repubblica Ceca e Croazia: la combinazione di questi interventi ha permesso di identificare tipi diversi di rocce usate fra VI e III millennio a.C., di individuare le aree di probabile provenienza, e quindi di ipotizzare i flussi di movimento (anche se non conseguentemente i meccanismi di trasferimento[11]) da una zona all'altra.

Per quanto concerne le lame d'ascia, sono tuttavia ancora poche quelle del Carso analizzate, ma i dati a disposizione rivelano una situazione interessante, soprattutto se calati nel contesto cronologico-culturale specifico del sito di provenienza, e poi dell'area allargata[12].

In Carso, infatti, sebbene i casi di rinvenimenti fortuiti e di depositi dalla stratigrafia incerta siano circa pari a quelli con indicazioni complessivamente attendibili, le lame d'ascia sono associate soprattutto a materiali neolitici, del Neolitico dei vasi a coppa/Vlaška nel taglio 5 degli Zingari (n. cat. 41), nella formazione D della Tartaruga (n. cat. 47 e 48), G dell'Ansa (n. cat. 46), E del riparo di Monrupino (n. cat. 54 e 55), con qualche incertezza nello strato M delle Tre Quer-

7) Nel totale erano incluse anche 4 asce non determinabili - 2 dalla Teresiana, 1 dall'Abisso Cesca e 1 dall'Orso -, ma nell'ultimo caso l'attribuzione è, invece, possibile (v. nota 10).

8) Questi pezzi mancanti - che comunque erano presenti ed erano stati disegnati negli anni '90 del secolo scorso - si sommano a quelli già indicati come dispersi nel 2001. Il non ritrovamento dei reperti di Monrupino è forse il caso più critico, perché i disegni fatti al tempo non sono sufficientemente chiari da permettere di definire la tipologia delle lame d'ascia, che d'altra parte non sono citati nella pubblicazione di Cannarella, Gerdina & Keber (1975).

9) Questa valutazione prescinde dalla situazione dei materiali (una decina) che, stando ai dati in letteratura, dovrebbero essere conservati presso il Naturhistorisches Museum di Vienna e il Notranjski Muzej di Postumia: finora non è stato possibile effettuare dei controlli in queste sedi, per motivi logistici nel primo caso, di accesso negato nel secondo, quantomeno in tempi successivi a quelli della preparazione della tesi di Donatella Peloi, che ebbe la possibilità di vederne alcuni (v. catalogo).

10) Era stata data, infatti, come "ascia non determinabile", perché non rintracciata, quella che Marchesetti (1890: 164) descrive comunque come "accetta spezzata" (n. cat. 3).

11) Questi temi sono stati trattati, con specifico riferimento al *Caput Adriae*, in Montagnari Kokelj (2003: 363 ss.).

12) In questa sede l'area in esame è specificamente il Carso triestino, mentre in lavori recenti l'analisi è stata estesa a un territorio molto più ampio, potenzialmente complementare in diversi momenti storici (v. articoli citati nel paragarafo dell'Introduzione).

ce (n. cat. 37). Nelle grotte dell'Orso (n. cat. 2, 3 e 4)e delle Gallerie (n. cat. 22, 23, 24 e 29) la presenza di lame d'ascia potrebbe essere connessa a episodi di frequentazione da parte di gruppi umani portatori della stessa cultura materiale, oppure a contatti con gruppi stanziati più a ovest, forse nel Friuli occidentale o ancora oltre, per la presenza di alcuni vasi - e alle Gallerie anche di uno scalpello (n. cat. 30) - probabilmente ricollegabili alla Cultura dei vasi a bocca quadrata (di seguito VBQ). La lama del Pettirosso (n. cat. 11) proverrebbe da un livello genericamente neolitico, stando all'attribuzione data da Moser, mentre le 2 della Cotariova (n. cat. 15 e 16) da un deposito databile nel suo complesso al Neolitico - età del rame. A quest'ultimo periodo sarebbe attribuibile anche l'ascia del taglio 4 degli Zingari (n. cat. 42).

A un'analisi macroscopica preliminare le lame degli Zingari, della Tartaruga e dell'Ansa risulterebbero ottenute da rocce a grana fine di provenienza con buona probabilità non occidentale. La lama degli Zingari, in particolare, è molto simile alle due asce scalpello a cuneo di calzolaio della Tartaruga (n. cat. 49 e 50), presenti nella stessa formazione D: una, osservata allo stereomicroscopio e analizzata tramite XRD, è probabilmente una cinerite silicizzata di possibile provenienza danubiano-balcanica (Bernardini 2007-2008: 35-36; v. anche Bernardini, Montagnari Kokelj & Veluščček 2009: 48 e fig. 4). La stessa procedura è stata applicata alla lama delle Tre Querce, e il risultato è stato identico (Bernardini 2007-2008: 47). A differenza delle precedenti, le lame frammentarie delle Gallerie (n. cat. 29) e delle Porte di Ferro (n. cat. 40), entrambe in Val Rosandra, e quella pressoché integra raccolta in una caverna nei dintorni di Aurisina[13] provengono quasi sicuramente dall'Italia nord occidentale, essendo rispettivamente in giada (Gallerie e presso Aurisina) e in eclogite (Bernardini 2007-2008: 78-81; v. anche *supra*). La stessa provenienza è ipotizzabile anche per altre 2 lame provenienti dal Crinale della Val Rosandra e dalla grotta Azzurra (n. cat. 56 e 5; dati delle analisi inediti).

Nonostante i limiti conoscitivi indicati sopra, e nonostante manchino finora sia uno studio approfondito di tutti i manufatti in pietra non scheggiata provenienti da cavità carsiche, sia un conseguente studio di questi in rapporto agli altri materiali rinvenuti insieme, potrebbero essere non casuali le differenze notate fra rocce di provenienza occidentale e non-occidentale. Differenze cronologiche? Forse, perché i materiali VBQ non possono essere più antichi del V millennio a.C., periodo di diffusione di questa cultura. Tuttavia il Neolitico dei vasi a coppa/Vlaška ha una lunga durata, dalla metà circa del VI millennio fino almeno alla prima metà del successivo: le poche datazioni ^{14}C da cavità del Carso italiano non sono peraltro discriminanti, e quella nella seconda metà del VI della grotta Bestažovca nel Carso sloveno, pochi chilometri oltre l'attuale confine, da cui proviene una lama d'ascia in giada (Mihevc & Veluščček 2012; Bernardini et al. in preparazione), per quanto importante, non può essere estesa acriticamente a tutti i complessi culturalmente simili del territorio carsico in esame.

Differenze di contatti culturali preferenziali? Questa è forse una spiegazione più plausibile, perché nel Neolitico il Carso è legato alle regioni adriatiche orientali molto più che all'Italia settentrionale[14]. Le zone adriatiche avrebbero anche potuto costituire il corridoio d'accesso di materiali originari dell'Europa centrale nella nostra regione[15], incluse forse le asce scalpello della Tartaruga (Bernardini et al. in prep.). Nemmeno l'attuale Slovenia può, però, essere esclusa come tramite già nella prima metà del V millennio a.C.. A supporto di quella che è comunque un'ipotesi di lavoro, vi sono elementi di tipologia e materia prima - metabasite ricca in anfiboli di provenienza boema negli esemplari italiani - simili, se non uguali, fra alcune asce forate trovate in Friuli e nella grotta Gigante[16] in Carso e una da Spaha, riferibile al gruppo di Sava (Bernardini et al. 2012, in prep.).

A queste scarse presenze, vanno forse aggiunte poche asce forate in serpentinite antigoritica, una roccia probabilmente proveniente da formazioni primarie identificate negli Alti Tauri (Austria) e da depositi secondari lungo il corso del fiume Drava, scoperte in superfcie a Sammardenchia (Bernardini et al. 2011b, 2011c). Ben più numerose sono le attestazioni di asce forate in serpentinite di tipologia diversa riferibili a una fase più tarda. Reperti appartenenti a questo gruppo sono stati rinvenuti nella zona di Lubiana, dove sono datati circa fra prima metà del IV millennio a.C. e prima metà del III, in FVG e in Istria (Bernardini et al. 2011b, 2011c). In Carso singoli esemplari di asce forate di questo tipo furono trovati nella grotta Sottomonte, a Opicina e sul castelliere di Montedoro[17].

Nella seconda metà del IV e nella prima del III millennio a.C. le asce forate più comuni nel Ljubljansko barje sono quelle definite "tipo Lubiana", termine che

13) Si tratta dei materiali della Collezione Battaglia dell'Università di Padova (v. nota 4).

14) Questi temi sono stati affrontati recentemente da Ferrari et al. (in stampa).

15) La presenza di ossidiana carpatica nella formazione D della Tartaruga è nota da lungo tempo (Williams-Thorpe et al. 1979), mentre più recente è l'ipotesi che il suo arrivo sia stato mediato dalla costa adriatica orientale (Bernardini, Montagnari Kokelj & Veluščček 2009: 48).

16) L'unico esemplare di ascia forata in metabasite finora noto in Carso, in precedenza considerato proveniente dalla grotta Azzurra, sarebbe stato rinvenuto, invece, nella Gigante (v. n. cat. 1, note).

17) Si tratta di reperti privi di contesto: per un approfondimento dei dati v. D'Amico et al. (1996).

riunisce tre sottogruppi piuttosto simili morfologicamente ma diversi litologicamente, essendo costituiti sia da prevalenti metaultramafiti sia da gabbri: questi sono tuttavia considerati geneticamente collegati e provenienti, con relativa certezza, dal c.d. Eisenkappler Diabaszug Complex delle Caravanche austriache (Bernardini et al. 2014a, 2014b).

In Carso le asce di questo tipo sono relativamente numerose, essendo state trovate nelle grotte Azzurra, presso Slivia/Russa Spila, Tre Querce, Cotariova e Ciclami. Nelle ultime due cavità citate sono presenti altri elementi collegabili alle palafitte del Ljubljansko barje, in particolare alcune coppe decorate su piede, simili ma non uguali a quelle slovene (Montagnari Kokelj, Greif & Presello 2002: n. 244; Gilli & Montagnari Kokelj 1993: n. 355 e 497). Questi non sono peraltro gli unici elementi che rimandano alla Slovenia interna, né in queste cavità né in altre, ad esempio al Mitreo, da dove proviene fra l'altro un'ascia forata in vulcanoclastite riolitica[18] (n. cat. 44). Ma ancora una volta i possibili influssi non sono unidirezionali, perché verosimilmente nello stesso intervallo temporale sono attestati anche elementi di evidente provenienza dalla costa adriatica orientale[19].

4. Conclusioni

Allo stato attuale di avanzamento del progetto[20] è possibile delineare le prospettive future di indagine più che discutere osservazioni conclusive in quanto, come detto, mancano finora sia uno studio approfondito di tutti i manufatti in pietra non scheggiata provenienti da cavità carsiche, sia una successiva analisi di questi in rapporto agli altri materiali rinvenuti insieme. Sulla base dell'esperienza accumulata negli ultimi anni, sul campo e in laboratorio, sono già state avviate indagini geo-archeologiche e archeometriche su manufatti diversi da lame d'ascia e asce forate. Per quanto concerne il secondo vuoto da colmare, le revisioni sistematiche di materiali da scavi del passato avviate nei primi anni '90 del secolo scorso e il C.R.I.G.A. - Catasto Ragionato Informatico delle Grotte Archeologiche (www.units.it/criga) hanno permesso di raccogliere una discreta quantità di dati, da completare e elaborare logicamente a confronto con quanto noto nell'intera area del *Caput Adriae* e nelle regioni interne, orientali e occidentali, e con lavori monografici specifici quali ad esempio quelli raccolti in Petrequin et al. (2012) su asce prevalentemente prodotte con giade e eclogiti.

Manoscritto pervenuto il 30.IX.2016 e approvato il 24.XI.2016.

Bibliografia

Alberti, A., F. Bernardini, G. Burelli, F. Cucchi, G. Demarchi, E. Montagnari Kokelj, C. Piano, F. Princivalle & A. Velušček. 2007. Le materie prime litiche nelle Valli del Natisone e nelle aree limitrofe. In *Le valli del Natisone e dell'Isonzo tra Centroeuropa e Adriatico*, cur. M. Chiabà, P. Maggi & C. Magrini, 189-208. Pasian di Prato (Udine): Edizioni Quasar. Studi e ricerche sulla Gallia Cisalpina 20.

Andreolotti, S., & F. Stradi. 1972. I rinvenimenti preistorici nella caverna superiore della Grotta Gigante. *Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"* 11: 109-27.

Barfield, L.H. 1972. The first neolithic cultures of North Eastern Italy. In *Die Anfange des Neolithikums vom Orient bis Nordeuropa*, 182-216. Fundamenta A/3.

Barfield, L.H. 1999. The Moser collection in the Naturhistorisches Museum, Vienna. *Atti della Società per la Preistoria e la Protostoria del Friuli Venezia Giulia*, 11: 19-62.

Battaglia, R. 1926. Paleontologia e Paletnologia delle Grotte del Carso. In *Duemila Grotte*, cur. L.V. Bertarelli & E. Boegan, 75-100. Milano: Touring Club Italiano.

Battaglia, R., & M. Cossiansich. 1915. Su di alcuni scavi preistorici eseguiti nel territorio di Trieste nell'anno 1913. *Bullettino di Paletnologia Italiana* 41: 19-39.

Bernardini, F. 2007-2008. Studio archeometrico di asce in pietra levigata scoperte nel Caput Adriae. Tesi di dottorato inedita in Paletnologia, Università degli Studi di Trieste.

Bernardini, F., A. Alberti, G. Demarchi, A. De Min, M. Di Remigi & E. Montagnari Kokelj. 2011a, Polished stone axes from Spaha. In *Spaha*, cur. A. Velušček, 245-92. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 22.

Bernardini, F., A. Alberti, G. Demarchi, E. Montagnari Kokelj, F. Princivalle & A. Velušček. 2008. An archaeometric study of the prehistoric polished stone tools from Ljubljanica river (Slovenia). *Atti della Società per la Preistoria e la Protostoria del Friuli Venezia Giulia* 16: 53-73.

Bernardini, F., A. De Min, G. Demarchi, E. Montagnari Kokelj, A. Velušček & D. Komšo. 2009a, Shaft-hole axes from Slovenia and north western Croatia: a first archaeometric study on artefacts manufactured from meta-dolerites. *Archaeometry* 51 (6): 894-912.

Bernardini F., A. De Min, D. Eichert, A. Alberti, G. Demarchi, E. Montagnari Kokelj, A. Veluščeк & C. Tuniz. 2011b. Shaft-hole axes from Caput Adriae: mineralogical and chemical constraints about the provenance of serpentinitic artefacts. *Archaeometry* 53 (2): 261-84.

Bernardini, F., A. De Min, D. Lenaz, Z. Kasztovszky, P. Turk, A. Veluščeк, V. Szilágyi, C. Tuniz & E. Montagnari Kokelj. 2014a. Mineralogical and chemical constraints about the provenance of Copper Age polished stone axes of "Ljubljana type" from Caput Adriae. *Archaeometry* 56 (2): 175-202.

18) L'esatta provenienza di questa roccia resta ancora da definire.
19) Per un approfondimento di questi temi si rimanda in particolare alla letteratura citata immediatamente prima nel testo.
20) Il presente articolo cita molti dati acquisiti nel corso di studi che sono stati supportati da finanziamenti nazionali - PRIN (Progetti di Ricerca di Interesse Nazionale) 2004, prot. 2004109799_003 e 2008, prot. 20085T5KYN_002) -, dell'Università degli Studi di Trieste (borsa di dottorato di ricerca di F. Bernardini; FRA [Fondo per la Ricerca di Ateneo] 2009, 2012 e 2014), e dell'ICTP - The "Abdus Salam" International Centre for Theoretical Physics, Trieste.

n.	cat.VG	sito	autore scavo	anno scavo	stratigrafia	cronologia	tipologia	litologia	stato di conservazione
1	2	Gigante	Soc. Alpina Giulie	1961-1962	tg.2	BA?	ascia forata		framm. mediano
2	7	Orso	Marchesetti	1887 ss.			lama d'ascia	"diorite granatifera"	completa
3	7	Orso	Marchesetti	1887 ss.			lama d'ascia	"melafiro"	spezzata 1/3
4	7	Orso	Marchesetti?				lama d'ascia		c. completa
5	257	Azzurra	Marchesetti?				lama d'ascia	giada/eclogite	c. completa
6	257	Azzurra	Stradi	1955			ascia forata	dolerite o gabbro (Lt)	framm. prossimale
7	257	Azzurra	Cannarella, Slongo	1958	tg. A-2/str. C	Neolitico tardo-Rame?	ascia forata	"cloromelanite"	framm. prossimale
8	257	Azzurra	non det.				ascia forata	metabasite	framm. mediano
9	257	Azzurra	non det.				ascia forata		framm. distale
10	257	Azzurra	non det.				ascia forata		framm. distale
11	260	Pettirosso	Moser	1886, 1892-1898	tg. 3	Neolitico	lama d'ascia		completa
12	260	Pettirosso	Moser	1886, 1892-1898	tg. 2-1	Rame	ascia forata		framm. distale
13	260	Pettirosso	Moser	1886, 1892-1898	tg. 2-1	Rame	ascia forata		framm. pross.-mediano
14	260	Pettirosso	non det.				ascia forata		framm. mediano
15	264	Cotariova	Moser	1885-1891			lama d'ascia	"serpentino"	completa?
16	264	Cotariova	Moser	1891			lama d'ascia	"dolomite"	completa?
17	264	Cotariova	Moser	1891			martello?	"diorite"	framm. non det.
18	264	Cotariova	Lonza	1954-1960		Neolitico tardo-BA	ascia forata	metaultramafite (Lt)	framm. prossimale
19	301	Russa Spila	Moser o Perko	fine '800/inizi '900			lama d'ascia?		non det.
20	301	Russa Spila	Battaglia				ascia forata	metaultramafite (Lt)	parte del tagliente
21	420	Gallerie	Marchesetti?				pendaglio		completo?
22	420	Gallerie	Battaglia, Cossiansich	1913-1914			lama d'ascia	giada	framm. distale
23	420	Gallerie	Battaglia, Cossiansich	1913-1914			lama d'ascia		framm. non det.
24	420	Gallerie	Battaglia, Cossiansich	1913-1914			lama d'ascia		framm. non det.
25	420	Gallerie	Battaglia, Cossiansich	1913-1914			ascia forata		framm. distale
26	420	Gallerie	Battaglia, Cossiansich	1913-1914			ascia forata		framm. non det.
27	420	Gallerie	Battaglia, Cossiansich	1913-1914			pendaglio	"giadeite?"	completo
28	420	Gallerie	Battaglia, Cossiansich	1913-1914			pendaglio	"prob. steatite"	incompleto
29	420	Gallerie	Stradi	1957-1958			lama d'ascia		framm. distale
30	420	Gallerie	Stradi	1957-1958			scalpello		completo
31	420	Gallerie	Stradi	1957-1958			pendaglio		completo
32	939	Teresiana	Moser	1885-1886			ascia non det.		incompleta
33	939	Teresiana	Moser	1885-1886			ascia non det.		framm. non det.
34	1102	Tre Querce	Gr.Speleo.San.Giusto	anni 1960	str. M	Neolitico tardo-Rame?	lama d'ascia	cinerite silicizzata	c. completa
35	1102	Tre Querce	Gr.Speleo.San.Giusto	anni 1960	settore C-D		ascia forata	metaultramafite (Lt)	framm. distale
36	2433	Ciclami	Soc.Alpina.Giulie	1959-1961	tg. 5	Neolitico tardo-BA	ascia forata	metaultramafite (Lt)	framm. prossimale
37	2433	Ciclami	Soc.Alpina.Giulie	1959-1961	tg. 5	Neolitico tardo-BA	ascia forata		framm. distale
38	2433	Ciclami	Soc.Alpina.Giulie	1959-1961	non det.		brassard?		completo
39	2434	Sottomonte	non det.				ascia forata	serpentinite	completa
40	3027	Porte di Ferro	Battaglia	1928?-1929	non det.	Neolitico?	lama d'ascia	eclogite	parte del tagliente
41	3896	Zingari	CAI.XXX.Ottobre	1961-1965	tg. 5	Neolitico	lama d'ascia		c. completa
42	3896	Zingari	CAI.XXX.Ottobre	1961-1965	tg. 4	Neolitico tardo-Rame	lama d'ascia		completa?
43	3896	Zingari	CAI.XXX.Ottobre	1961-1965	tg. 3	Neolitico tardo-BA	pendaglio?		incompleto
44	4202	Mitreo	Stacul	1971-1972	str. 4	BA	ascia forata	vulcanoclastite riolitica?	framm. distale
45	4237	Valentina	non det.				lama d'ascia		completa
46	4450	Ansa	CAI.XXX.Ottobre	1972 ss.	tg. 5 tg. 5	Neolitico	lama d'ascia		incompleta
47	4530	Tartaruga	Cannarella, Redivo	1962-1967	formaz. D	Neolitico	lama d'ascia		framm. distale
48	4530	Tartaruga	Cannarella, Redivo	1962-1967	formaz. D	Neolitico	lama d'ascia		framm. non det.
49	4530	Tartaruga	Cannarella, Redivo	1962-1967	formaz. D	Neolitico	ascia scalpello		completa
50	4530	Tartaruga	Cannarella, Redivo	1962-1967	formaz. D	Neolitico	ascia scalpello	cinerite silicizzata	completa
51	4650	Abisso Cesca	Soc.Alpina.Giulie	1971	non det.		ascia non det.	"pietra verde"	"piccola ascia"
52	5142	riparo Vipere	CAI.XXX.Ottobre	1981	formaz. D	Neolitico-BA?	lama d'ascia		framm. non det.
53	5142	riparo Vipere	non det.				ascia non det.		completa?
54	5210	riparo Monrupino	Centro.Studi.Carsici	1973-1974	tg. 10	Neolitico tardo?	lama d'ascia?		completa
55	5210	riparo Monrupino	Centro.Studi.Carsici	1973-1974	tg. 10	Neolitico tardo?	lama d'ascia?		completa
56	?	Crinale Val Rosandra	Marchesetti?				lama d'ascia?	giada/eclogite	parte del tagliente
57	?	grotta pr. Aurisina	Battaglia				lama d'ascia	giada	completa
58		Stramare	non det.				lama d'ascia		completa?
59		Opicina	Marchesetti				ascia forata	serpentinite	completa
60		Montedoro	non det.				ascia forata	serpentinite	framm. distale

Tab. I - Catalogo delle pietre verdi del Carso Triestino. Alla voce "litologia" le definizioni fra virgolette sono quelle date dagli autori degli scavi, in genere senza analisi a supporto, mentre la sigla "Lt" indica le asce "tipo Lubiana"; alla voce "luogo di conservazione" le sigle usate indicano: CMSA = Civico Museo di Storia ed Arte di Trieste, MCSN = Museo Civico di Storia Naturale di Trieste, MuSS = Museo Scientifico Speleologico della Grotta Gigante, SopFVG = Soprintendenza Archeologica del Friuli Venezia Giulia; alla voce "bibliografia" sono state scelte le pubblicazioni in cui i reperti sono descritti e illustrati e quelle che contengono i dati archeometrici.

luogo di conservazione	bibliografia	note	fig. n.
MuSS (dal 2014)	Andreolotti, Stradi 1972, tav. 5/3	La revisione dei dati preliminare a questo articolo, e in particolare la forte somiglianza fra la foto pubblicata in Andreolotti, Stradi 1972 e il disegno fatto da Peloi molti anni dopo (1996-1997, p. 236), porterebbero a riattribuire al contesto in esame un reperto considerato in precedenza proveniente dalla grotta Azzurra (n. cat. 8).	3.16a-b
CMSA	Marchesetti 1890, tav. 3/1		1.1
?	Marchesetti 1890, tav. 3/2		1.2
CMSA			
CMSA	Battaglia 1926, foto p. 90		1.14
SopFVG	Peloi 1996-1997: 239-240 Montagnari Kokelj et al. 2006: 716; Bernardini et al. 2014a, 2014b		2.11
CMSA?	Cannarella, Cremonesi 1967, tav. 5/5 (foto)	Malgrado la provenienza del reperto dagli scavi di Cannarella e Slongo fosse sicura (Cannarella 1962, p. 30), questo è stato riattribuito allo strato C di quelli fatti da Cannarella e Cremonesi pochi anni dopo.	2.8
SopFVG	D'Amico et al. 1996, tab. 1 n. 10; Peloi 1996-1997: 236; Bernardini et al. 2012: 428	Vedi nota al n. cat. 1 per la riattribuzione di questo pezzo alla grotta Gigante.	
Notranski Muzej Postojna	Bregant 1957, tav. 6/1		2.9
Notranski Muzej Postojna	Bregant 1957, tav. 6/2		2.10
Naturhist. Museum Wien?	Leben 1967, tav. 22/14		1.9
Notranski Muzej Postojna	Moser 1899: 47; Peloi 1996-1997: 232-233		3.13
Notranski Muzej Postojna	Leben 1967, tav. 22/13; Peloi 1996-1997: 230-231		3.12
Notranski Muzej Postojna	Peloi 1996-1997: 234-235		3.14
Naturhist. Museum Wien?	Moser 1899: 47	Nel corso degli scavi in questa grotta Moser avrebbe identificato 2 strati, ma non avrebbe distinto i materiali rinvenuti per strato di provenienza (Barfield 1999, p. 50)	
Naturhist. Museum Wien?	Moser 1899: 47		
Naturhist. Museum Wien?	Moser 1899: 47		
SopFVG	D'Amico et al. 1996, fig. 155/6; Bernardini et al. 2014b, c.s.	Per problemi di riattribuzione dei materiali agli strati individuati nel corso degli scavi la cronologia si riferisce al deposito nel suo complesso.	2.5
?	Leben 1967: 70	Vedi testo per i problemi di identificazione della cavità, nota con diversi nomi, e vedi scheda di sito in www.units.it/criga per quelli di attribuzione cronologica.	
Univ. Padova	Càssola Guida & Montagnari Kokelj, cur. 2013: 206; Bernardini et al. 2014a, 2014b		3.18
?	Battaglia, Cossiansich 1915: 31		
Univ. Padova	Battaglia 1926, disegno p. 89; Càssola Guida & Montagnari Kokelj, cur. 2013: 175 e fig. 8/5; Bernardini 2007-2008: 78-81		1.3
?	Battaglia, Cossiansich 1915: 29		
?	Battaglia, Cossiansich 1915: 29		
?	Battaglia 1926, disegno p. 89		3.15
?	Battaglia, Cossiansich 1915: 29		
Univ. Padova	Battaglia, Cossiansich 1915, fig. 7		
CMSA??	Battaglia, Cossiansich 1915, fig. 6		
SopFVG	Gilli, Montagnari Kokelj 1994, n. 170		1.4
SopFVG	Gilli, Montagnari Kokelj 1994, n. 171		
SopFVG	Gilli, Montagnari Kokelj 1994, n. 172		
Naturhist. Museum Wien?	Barfield 1972, tav. 52/2		
Naturhist. Museum Wien?	Barfield 1972: 203		
Gr. Speleo San Giusto	Tarabochia, Dini 1967, tav. 4/1; Bernardini 2007-2008: 47		1.7
Gr. Speleo San Giusto	Tarabochia, Dini 1967, tav. 6/1; Bernardini 2007-2008: 47; Bernardini et al. 2014a, 2014b		3.17
SopFVG	D'Amico et al. 1996, fig. 155/5; Bernardini et al. 2014a, 2014b, c.s.	Questo reperto non compare nella pubblicazione di Legnani, Stradi 1963.	2.6
?	Legnani, Stradi 1963, fig.3		2.7
SopFVG	Gilli, Montagnari Kokelj 1993, n. 737		
SopFVG?	D'Amico et al. 1996, fig. 154/1; Bernardini et al. 2011b		2.1
Univ. Padova	Càssola Guida & Montagnari Kokelj, cur. 2013: 190-191, 245		
SopFVG	Marzolini 1972, fig. 27/16 (foto); Gilli, Montagnari Kokelj 1996, n. 16,		1.8
SopFVG?	Marzolini 1972, fig. 13/4 (foto)		1.17
SopFVG?	Marzolini 1972, fig. 11/15		
SopFVG	Stacul 1972, fig. 9/10; D'Amico et al. 1996, tav. 155/2		2.4
SopFVG	Gherlizza, Halupca 1988, foto p. 205		1.13
SopFVG	Marzolini 1977b, fig. 14/7 (foto)		1.10
SopFVG	Cannarella, Redivo 1983: 11/1		1.11
SopFVG	Cannarella, Redivo 1983: 11/2		1.12
CMSA	Cannarella, Redivo 1983: 11/3		
SopFVG? (prec. MuSS)	Cannarella, Redivo 1983: 11/4; Bernardini 2007-2008: 35-36; Bernardini et al. c.s.		
SopFVG?	Marzolini 1977a: 63		
SopFVG?	Marzolini 1984: 69		
?	Marzolini 1984: 67		
SopFVG	Bertoldi 1996, n. 253	I due reperti - trovati da Bertoldi negli anni '90 del Novecento fra i materiali del riparo - non sono, però, citati nella relazione sugli scavi (Cannarella, Gerdina, Keber 1975).	1.15
SopFVG	Bertoldi 1996, n. 254		1.16
CMSA	inedito		
Univ. Padova	Càssola Guida & Montagnari Kokelj 2013: 206 e fig. 1/7 a p. 209; Bernardini 2007-2008: 78-81		1.6
Museo Arch. Muggia	Montagnari Kokelj 1997: 35-37		1.5
MCSN	Battaglia 1926, foto p. 90; Alberti et al. 2007: 200-201; Bernardini et al. 2011b		2.2
Museo Arch. Muggia	D'Amico et al. 1996, fig. 155/1: Bernardini et al. 2011b		2.3

Tab. I - Catalogue of greenstone tools found in the Trieste Karst. Under "litologia" the definitions in quotation marks are those given by the authors of the excavations, usually without supporting analysis, while "Lt" means "Ljubljana type" axes; under "luogo di conservazione" the abbreviations stay for: CMSA = Civic Museum of History and Art of Trieste, MCSN = Museum of Natural History of Trieste, MuSS = Scientific Speleological Museum of the Grotta Gigante, SopFVG = Archaeological Superintendece of Friuli Venezia Giulia ; under "bibliografia" we have selected publications where the artefacts are described and illustrated, and those that contain archaeometric data.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

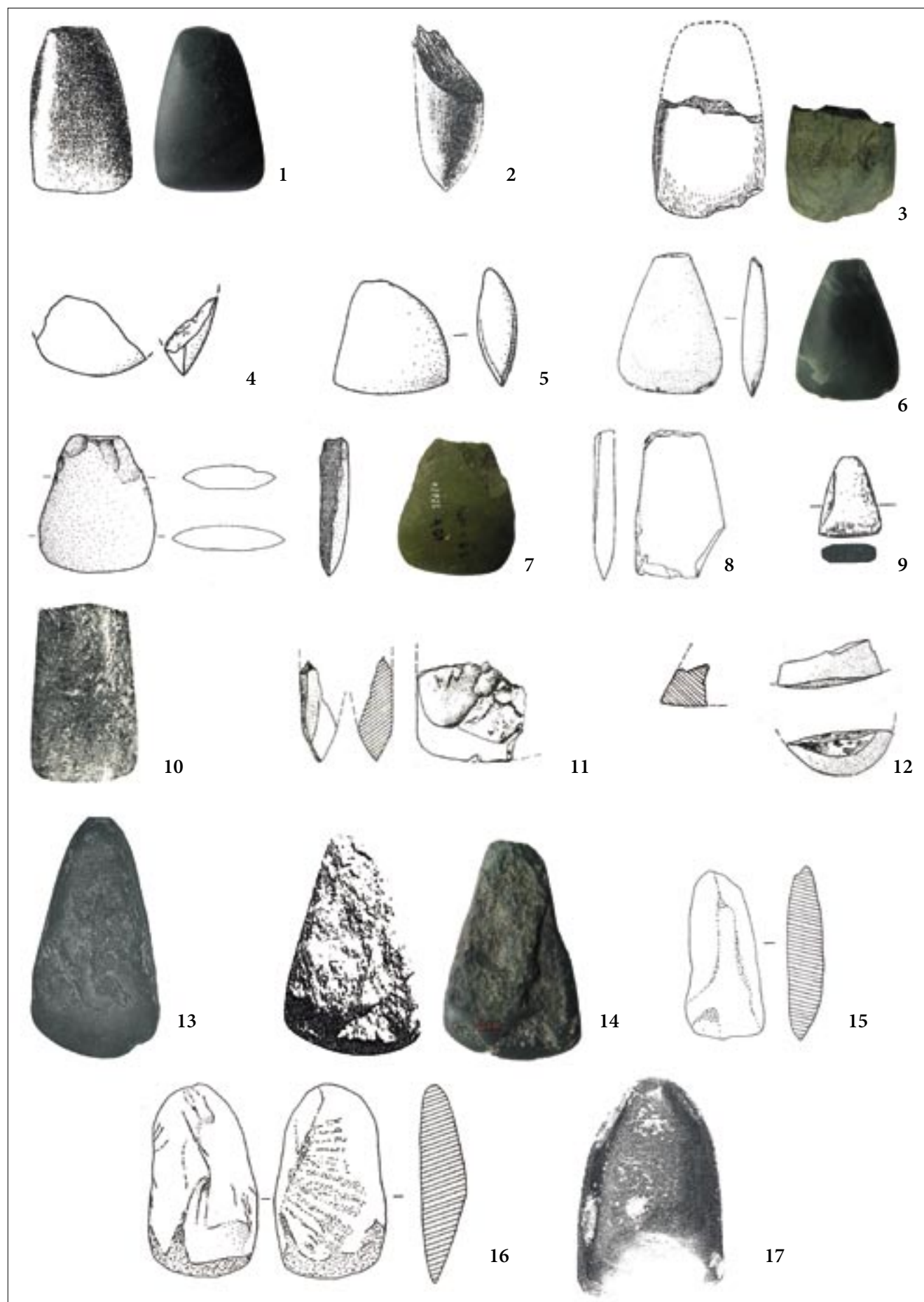
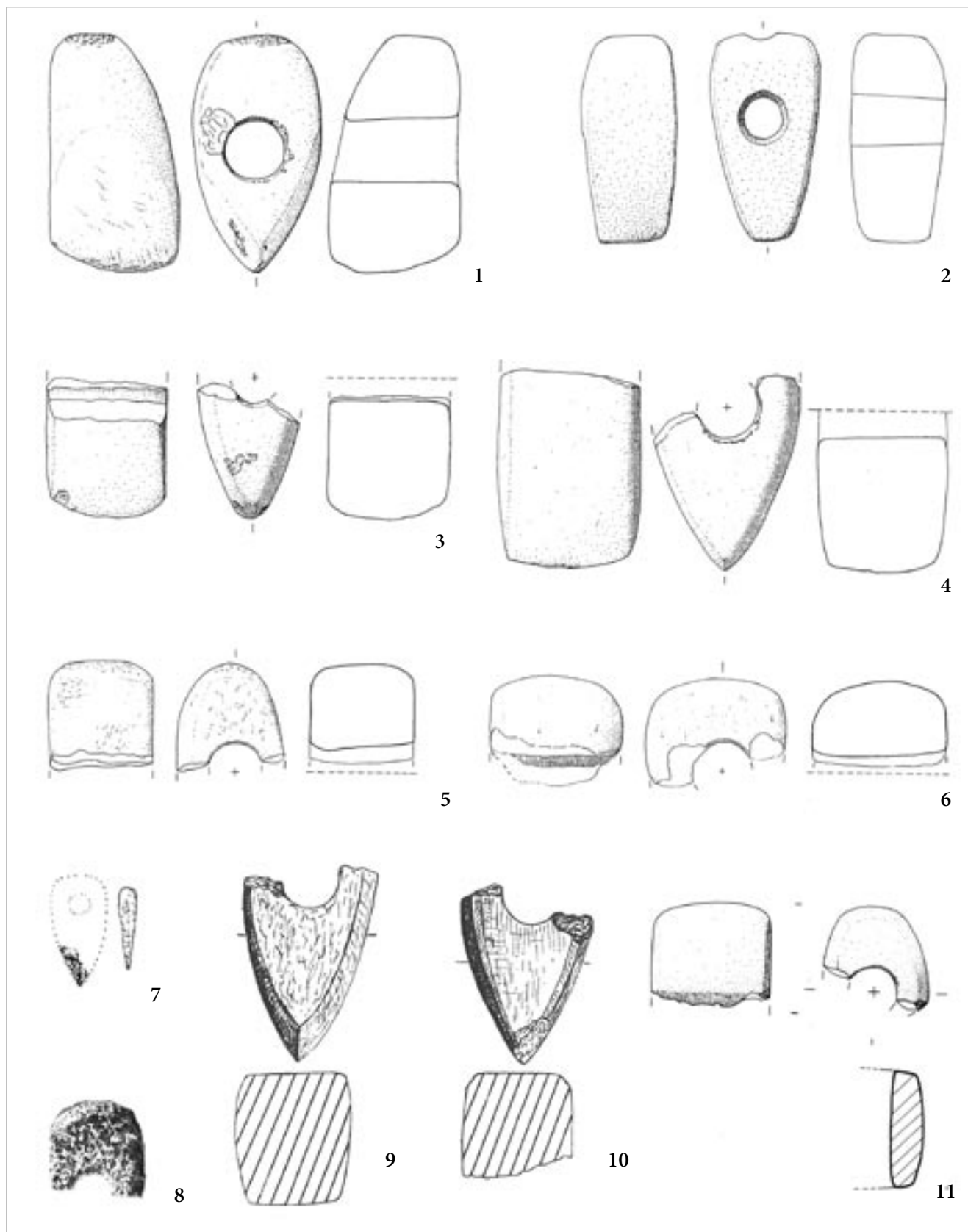



Fig. 1 - (Pagina a fronte) Lame d'ascia dalla provincia di Trieste. Per l'identificazione dei siti di provenienza dei manufatti si rimanda al catalogo (figure non in scala).
- *(Opposite page) Axe blades from the province of Trieste. The sites of provenance of the artefacts are indicated in the catalogue (see "fig. n.") (figures not to scale).*

Fig. 2 - (Sopra) Asce forate dalla provincia di Trieste. Per l'identificazione dei siti di provenienza dei manufatti si rimanda al catalogo (figure non in scala).
- *(Above) Shaft-hole axes from the province of Trieste. The sites of provenance of the artefacts are indicated in the catalogue (see "fig. n.") (figures not to scale).*

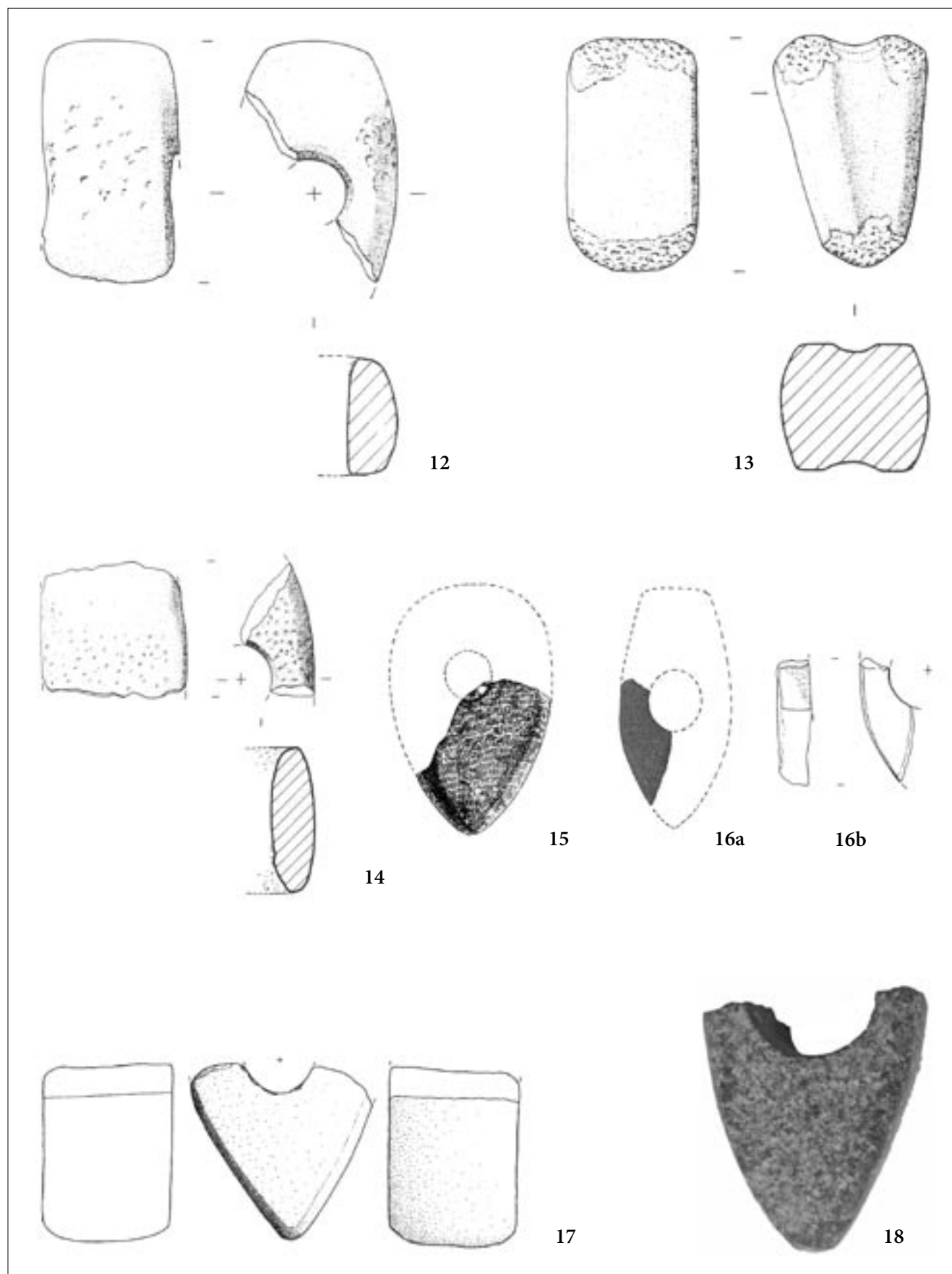



Fig. 3 - Asce forate dalla provincia di Trieste. Per l'identificazione dei siti si rimanda al catalogo dei materiali; figure non in scala.
- *Shaft-hole axes from the province of Trieste. For the identification of the sites, refer to the catalogue of materials; figures are not to scale.*

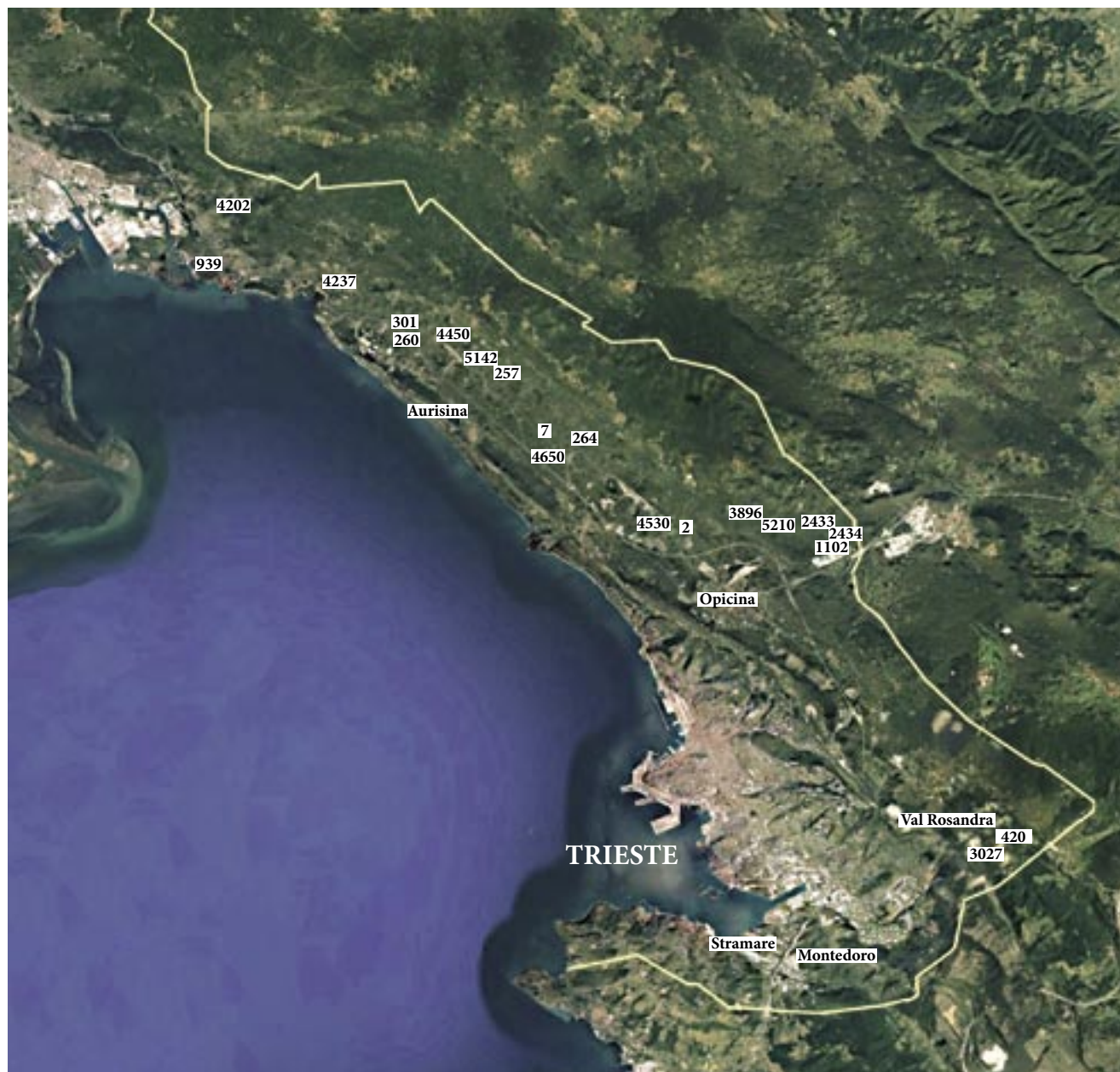



Fig. 4 - Mappa della provincia di Trieste (da www.GoogleEarth.com) con indicate le località citate nel catalogo: i numeri sono quelli del castasto grotte VG; i nomi indicano le altre località citate.
- *Map of the province of Trieste (from www.GoogleEarth.com) indicating the places listed in the catalogue: the numbers correspond to those of the speleological cadastre of Venezia Giulia, the names to the other sites mentioned in the article.*

Bernardini, F., A. De Min, D. Lenaz, Z. Kasztovszky, P. Turk, A. Velušček, C. Tuniz & E. Montagnari Kokelj. 2014b. Petrographic and geochemical comparison between the Copper Age "Ljubljana type" axes and similar lithotypes from Eisenkappler Diabaszug complex (southern Austria). *Journal of Archaeological Science* 41: 511-22.

Bernardini, F., A. De Min, D. Lenaz, P. Šída, C. Tuniz & E. Montagnari Kokelj. 2012. Shaft-hole axes from Caput Adriae made from amphibole-rich metabasites: evidence of connections between northeastern Italy and central Europe during the fifth millennium BC. *Archaeometry* 54 (3): 427-41.

Bernardini, F., A. De Min, D. Lenaz, C. Tuniz, A. Velušček & Montagnari Kokelj E. in stampa. Neolithic and Copper Age polished stone axes in the Caput Adriae: synthesis of a long-term interdisciplinary project. *Atti XLIX Riunione scientifica IIPP, Udine-Pordenone 2014*.

Bernardini, F., D. Eichert, D. Lenaz, A. De Min, C. Tuniz, A. Velušček & E. Montagnari Kokelj. 2011c. Synchrotron FTIR micro-spectroscopy applied to the study of polished serpentinite artefacts: a non destructive analytical approach. *Archaeometry* 53 (4): 753-64.

Bernardini, F., E. Montagnari Kokelj, G. Demarchi & A. Alberti. 2009b. Scambi e strategie di approvvigionamento nel Ljubljansko Barje del IV millennio a.C. dedotti dallo studio archeometrico di manufatti in pietra. In *Koliščarska naselbina Stare gmajne in njen cas - Stare gmajne pile-dwelling settlement and its era*, cur. A. Velušcek A., 251-79. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 16.

Bernardini, F., E. Montagnari Kokelj, N. Sodini, D.

Dreossi, S. Favretto, G. Demarchi, A. Alberti & F. Princivalle. 2010. Serpentinite shaft-holed axes in the Caput Adriae: preliminary results and perspectives based on X-Ray computerized microtomography. In *Science for Cultural Heritage. Technological Innovation and Case Studies in Marine and Land Archaeology in the Adriatic Region and Inland, 7th Intern. Conf. on Science, Arts and Culture, Veli Losinj (Croatia), August 2007*, cur. E. Montagnari Kokelj, M. Budinich & C. Tuniz, 226-37. Singapore: World Scientific Publishing.

Bernardini, F., E. Montagnari Kokelj & A. Velušček. 2009. Prehistoric cultural connections in the North-Eastern Adriatic regions, identified by means of archaeometrical analyses of stone axes. In *A Connecting Sea: Maritime Interaction in Adriatic Prehistory*, cur. S. Forenbaher, 47-57. Oxford: Archaeopress, BAR International Series 2037.

Bernardini, F., C. Tuniz, A. Velušček & E. Montagnari Kokelj. in prep., Polished stone axes in the Caput Adriae from Neolithic to Copper Age.

Bertoldi, F. 1996. Il riparo di Monrupino nel Carso triestino. *Atti della Società per la Preistoria e la Protostoria del Friuli Venezia Giulia* 9: 137-70.

Bregant, T. 1957. Kremeno in drugo kamenito gradivo iz jame Samatorce. *Arheološki Vestnik* 8 (2): 130-40.

Cannarella, D. 1962. La grotta Azzurra di Samatorza n. 257 V.G. Nota descrittiva delle ceramiche preistoriche e considerazioni sul nostro neolitico. *Archeografo Triestino* s. IV, 24: 23-58.

Cannarella, D., & G. Cremonesi. 1967. Gli scavi nella Grotta Azzurra di Samatorza nel Carso Triestino. *Rivista di Scienze Preistoriche* 22 (2): 281-330.

Cannarella, D., A. Gerdina & L. Keber. 1975. Ritrovamenti di un giacimento neolitico in un riparo sotto roccia nel Carso Triestino. *Atti della Società per la Preistoria e la Protostoria del Friuli Venezia Giulia* 2: 95-112.

Cannarella, D., & B. Redivo. 1983. La grotta della Tartaruga. Livelli a ceramica. Nota preliminare. *Atti della Società per la Preistoria e la Protostoria del Friuli Venezia Giulia* 4: 45-71.

Càssola Guida, P., & E. Montagnari Kokelj, cur. 2013. *Raffaello Battaglia e la Collezione paletnologica dell'Università di Padova*. 1. Trieste: La Mongolfiera Libri. Nuovi contributi alla conoscenza della preistoria del Carso, Fonti e Studi per la Storia della Venezia Giulia, Serie Studi, 22.

D'Amico, C. 2012. Jades and other greenstones from the Western Alps. A petrographic study of the geological sampling Jade. In *JADE 2012*: 420-39.

D'Amico, C, & E. Starnini. 2012.Circulation and provenance of the Neolithic"greenstone" in Italy. In *JADE 2012*: 728-43.

D'Amico, C., Ghedini M., Micheli R. & Montagnari Kokelj E. 1996, Le asce forate del Friuli Venezia Giulia. In *Le vie della pietra verde, l'industria litica levigata nella preistoria dell'Italia settentrionale*, cur. M. Venturino Gambari, 229-38. Torino: Omega Edizioni.

D'Amico, C., M. Bernabò Brea, P. Biagi, A.L. Pedrotti, A. Pessina & E. Starnini. 2002. Archaeometrical Analyses of Polished Stone Tools from Neolithic to the Bronze Age in Northern Italy. In *Archaeometry 98, Proceedings of the 31st Symposium (Budapest 1998)*, cur.E. Jerem & K.T. Birò, 691-6 . BAR. Oxford: Archaeopress. British Archaeological Reports. International series, 1043.

Ferrari, A., S. Forenbaher, R. Micheli, M. Montagnari Kokelj, A. Pessina, A. Velušček & P. Visentini. in stampa. Neolithic and Eneolithic of Caput Adriae. *Atti XLIX Riunione scientifica IIPP, Udine-Pordenone 2014*.

Gherlizza, F., & E. Halupca. 1988. *Spelaeus, Monografie delle grotte e dei ripari sottoroccia del Carso triestino nelle quali sono stati rinvenuti resti di interesse archeologico*. Trieste: Gruppo Grotte, Club Alpinistico Triestino.

Gilli, E., & E. Montagnari Kokelj. 1993. La Grotta dei Ciclami nel Carso Triestino (materiali degli scavi 1959-1961). *Atti della Società per la Preistoria e la Protostoria del Friuli Venezia Giulia* 7: 65-162.

Gilli, E., & E. Montagnari Kokelj. 1994. La Grotta delle Gallerie nel Carso triestino. *Atti della Società per la Preistoria e la Protostoria del Friuli Venezia Giulia* 8: 121-94.

Ingrascì, S. 1999-2000. Catalogo dei manufatti preistorici in pietra levigata provenienti dalle grotte del Carso triestino. Tesi di laurea inedita, Università degli Studi di Trieste.

Leben, F. 1967. Stratigrafija in časovna uvrstitev jamskih najdb na tržaškem krasu. *Arheološki Vestnik* 18: 43-110.

Legnani, F., & F. Stradi. 1963. Gli scavi nella caverna dei Ciclami nel Carso triestino (giugno - ottobre 1962). *Atti VII Riunione scientifica IIPP*: 31-8.

Lonza, B. 1975. Relazione sugli scavi nella Grotta Cotariova, *Atti della Società per la Preistoria e la Protostoria del Friuli Venezia Giulia* 2: 47-68.

Lunardi, A. 2003. Le lame d'ascia in pietra verde del territorio veronese dal Neolitico all'età del Bronzo: petrografia, tipologia e funzione. *Atti della Società per la Preistoria e la Protostoria del Friuli Venezia Giulia* 13: 57-110.

Marchesetti, C. 1890. La caverna di Gabrovizza presso Trieste. *Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste* 8: 143-84.

Marchesetti, C. 1895. La Grotta Azzurra di Samatorza. *Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste* 9: 249-55.

Marzolini, G. 1972. Gli scavi nella grotta degli Zingari, *Annali Gruppo Grotte Associazione XXX Ottobre - C.A.I.* 5: 57-103.

Marzolini, G. 1977a. I rinvenimenti preistorici nel pozzo iniziale dell'Abisso Cesca (Gabrovizza - Carso triestino), *Annali Gruppo Grotte Associazione XXX Ottobre - C.A.I.* 6: 63-7.

Marzolini, G. 1977b. I rinvenimenti preistorici nella grotta dell'Ansa di San Pelagio. *Atti della Società per la Preistoria e la Protostoria del Friuli Venezia Giulia* 3: 19-46.

Marzolini, G. 1984. Nuove stazioni preistoriche sul Carso triestino. *Annali Gruppo Grotte Associazione XXX Ottobre - C.A.I. Trieste* 7: 63-73.

Mihevc, A., & A. Velušček. 2012. Neolithic drawings from cave Bestažovca, W Slovenia. *Hugo Obermaier-Gesellschaft fur Erforschung des Eiszeitalters und der Steinzeit e.V.. 54th Annual Meeting, Toulouse, April, 2012*: 36.

Montagnari Kokelj, E. 1994. Carlo Marchesetti fra Preistoria e Protostoria. In *Atti della giornata internazionale di studio su Carlo Marchesetti*, cur. E. Montagnari Kokelj, 193-211. Trieste: Civici Musei di Storia ed Arte.

Montagnari Kokelj, E. 1997. Il territorio di Muggia prima della costruzione dei Castellieri. In *Il civico Museo Archeologico di Muggia*, cur. F. Maselli Scotti, 35-7. Comune di Muggia, Provincia di Trieste.

Montagnari Kokelj, E. 2001. Pietra verde, Neolitico e post-Neolitico, Carso e Friuli (Italia nord-orientale): lo

stato della questione. *Atti e Memorie della Commissione Grotte "Eugenio Boegan"* 38: 71-86.

Montagnari Kokelj, E. 2003. Evidence of long distance connections at the edge of the Balkans: economic or symbolic value? In *Early Symbolic Systems for Communication Southeast Europe. Proceedings of the International Congress UISPP (Karlovo-Sofia, April 2002)*, cur. L. Nikolova, 361-69. Oxford: Archaeopress. BAR. British Archaeological Reports. International series 1139.

Montagnari Kokelj, E., C. D'Amico, A. Alberti, F. Bernardini, M. Burić, D. Komšo, F. Princivalle, T. Težak-Gregl & A. Velušček. 2006. "Greenstone" shaft-hole axes of north-eastern Italy, Slovenia, Croatia: a new research project. In *Materie prime e scambi nella preistoria italiana, Atti della XXXIX Riunione Scientifica IIPP*: 713-25.

Montagnari Kokelj, E., T. Greif & E. Presello. 2002. La Grotta Cotariova nel Carso triestino (Italia nord-orientale), materiali ceramici degli scavi 1950- 1970. *Aquileia Nostra* 78: 38-190.

Moser, K. 1899. *Der Karst und Seine Holen*. Trieste: Schimpff.

Peloi, D. 1996-1997. Le asce-martello in pietra levigata: proposta di lettura analitica ed esempi applicativi a contesti del Friuli Venezia Giulia e della Slovenia. B.Sc. thesis, Università degli Studi di Trieste.

Pétrequin, P., S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. & A.M. Pétrequin, cur. 2012. *JADE. Grandes haches alpines du Néolithique européen, Ve et IVe millénaires av. J.-C.* Besançon: Presses Universitaires de Franche-Comté; Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain.

Salvador, D. 2011-2012. Materiali inediti del Civico Museo di Storia ed Arte di Trieste provenienti dalle indagini di Marchesetti nelle grotte del Carso triestino. Tesi di laurea inedita in Paletnologia, Università degli Studi di Trieste.

Stacul, G. 1972. Scavo nella grotta del Mitreo presso San Giovanni al Timavo. *Atti dei Civici Musei di Storia ed Arte di Trieste* 7: 35-60.

Tarabocchia, G., & A. Dini. 1968. Studi e ricerche di paleontologia umana alla Grotta delle Tre Querce. *Bollettino del Gruppo Speleologico San Giusto* 1967: 53-65.

Williams-Thorpe, O., S.E. Warren & L.H. Barfield. 1979. The sources and distribution of archaeological obsidian in northern Italy. *Preistoria Alpina* 15: 73-92.

www.units.it/criga.

Authors' addresses - Indirizzi degli Autori:
- Manuela Montagnari Kokelj
  Dipartimento di Studi Umanistici, Università degli Studi di Trieste
  via Principe di Montfort 3, I-34124 TRIESTE
  e-mail: montagna@units.it
- Federico Bernardini
  Museo Storico della Fisica e Centro di Studi e Ricerche "Enrico Fermi"
  piazza del Viminale 1, 00184 ROMA
  Multidisciplinary Laboratory
  The "Abdus Salam" International Centre for Theoretical Physics
  strada Costiera 11, I-34151 TRIESTE
  e-mail: fbernard@ictp.it

GORTANIA
Geologia, Paleontologia, Paletnologia | 37 (2015) | 99-114 | Udine, 1.XII.2016 | ISSN: 2038-0410

Gabriella Petrucci

RESTI FAUNISTICI DAL SITO NEOLITICO DI PIANCADA (UD): NUOVI DATI DAGLI SCAVI 2001-2002 DEL CANALE

FAUNA REMAINS FROM THE NEOLITHIC SITE OF PIANCADA (UD): NEW DATA FROM THE EXCAVATION OF THE DRAIN DITCH (2001-2002)

Riassunto breve - Si presentano i risultati dello studio archeozoologico dei materiali che provengono dal grande canale di Piancada (Palazzolo dello Stella, UD), sito neolitico della bassa pianura friulana la cui frequentazione si inquadra, forse con alcune cesure, tra la metà del VI millennio a.C. e i primi secoli del V millennio a.C.. L'insieme faunistico esaminato proviene dagli scavi 2001-2002 del canale del sito neolitico, ma lotti faunistici relativi ai primi tratti indagati della struttura negli anni 1992-2000 sono stati già studiati e pubblicati dalla scrivente. La fauna rappresentata nel campione, scaricata nel canale come esito di attività svolte nei pressi, è formata in massima parte da specie domestiche (caprovini, suini e bovini in quest'ordine) cui si associano scarsi reperti di cervo, capriolo e, forse, di cinghiale; il complesso faunistico è completato da resti di malacofauna riferibili in massima parte al *Cerastoderma glaucum*, bivalve tipico dei fondali bassi e sabbiosi, e a qualche specie terrestre. Viene confermata la presenza a Piancada di una fauna già pienamente domestica in un contesto di Neolitico Antico-Medio.
Tracce di macellazione sono state riscontrate su pochi reperti, a causa delle pessime condizioni di conservazione dei materiali, e quasi esclusivamente sulle ossa dei bovini, documentando le diverse fasi della catena operativa della macellazione delle carcasse.
Parole chiave: Archeozoologia, Neolitico Antico, Neolitico Medio, Italia nordorientale, fauna domestica.

Abstract - *The paper aims to explain the results of the archaeozoological study of faunal remains coming from the drain ditch of Piancada (Palazzolo dello Stella, UD), a neolithic settlement in the low Friuli plain whose attendance is framed, perhaps with some ruptures, between the middle of the sixth millennium BC and the first centuries of the fifth millennium B.C. The faunal sample comes from the 2001-2002 excavations of the neolithic drain ditch, but archaeozoological remains referring to the first sections of the structure investigated between 1992 and 2000 have already been studied and published by the author. The fauna represented in the sample, dumped into the ditch as a result of activities carried out by people living near by, is composed mostly of domestic species (sheep/goat, pigs and cattle) which are associated with deer, roe deer and boar; the faunal record is completed by the remains of molluscs, the most part relating to* Cerastoderma glaucum, *bivalves commonly found in sandy sea bed, and some terrestrial species. The archaeozoological analysis supports the presence of an already fully domestic fauna in the Early-Middle Neolithic site of Piancada.*
Slaughter traces were found on a few remains, and almost exclusively on cattle bones, recording the different stages of the operational chain of slaughter activities.
Key words: *Archaeozoology, Early Neolithic, Middle Neolithic, Northeastern Italy, domestic animals.*

Il sito

L'abitato neolitico di Piancada (Palazzolo dello Stella) si trova nella bassa pianura friulana sud occidentale, in un'area compresa tra il fiume Tagliamento, il torrente Cormòr e la laguna di Marano, interessata da numerose tracce di insediamento riferibili al neolitico (Pessina 2006; Pessina & Tinè 2008: 176).

Tra i siti individuati, quello di Piancada, esteso su 40 ettari, era come gli altri impostato su un dosso di origine fluviale, in un territorio favorevole all'insediamento sia per le caratteristiche idonee alle attività agricole che per l'approvvigionamento idrico.

Il sito è stato indagato, a partire dal 1992, dalle Università di Trento e di Pisa, dal Museo Friulano di Storia Naturale e dal Museo Preistorico ed Etnografico "L. Pigorini" di Roma che hanno collaborato fra loro nello sviluppo delle ricerche, coordinate dal dr. A. Pessina. I reperti sono depositati presso il Museo Friulano di Storia Naturale.

Oltre ai pozzetti, alle officine litiche e alle altre strutture genericamente riferibili al Primo Neolitico, le

Fig. 1 - Piancada, Bosco Nogali: il canale principale e la scolina laterale durante lo scavo del 2002 (foto A. Fontana).
- *Piancada, Bosco Nogali: the main channel and the lateral ditch during the excavation of 2002 (photo by A. Fontana).*

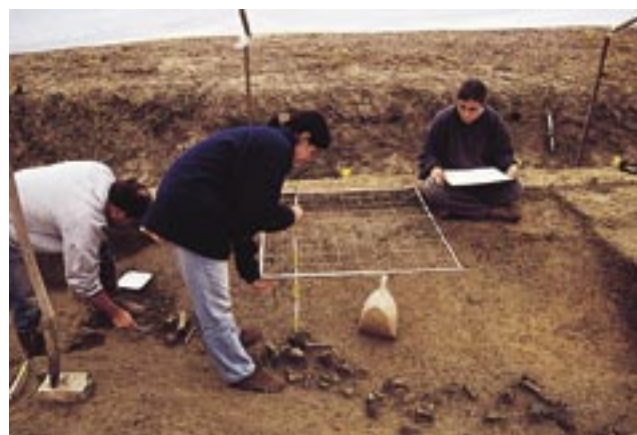



Fig. 2 - Piancada, Bosco Nogali: lo scavo del canale neolitico con, sul fondo (foto a sinistra), gli scarichi di faune domestiche (foto A. Pessina).
- *Piancada, Bosco Nogali: the neolithic drain ditch excavation with, on the bottom (image on the left), discharges of domestic fauna (photo by A. Pessina).*

	grandi erbivori	piccoli erbivori	indeterminabili	ind. combusti	totale
schegge (< 2 cm)		10 (frr M)	130	10	150
fr. diafisario (2-3 cm)	36		109	2	147
fr. diafisario (3-4 cm)	1		14		15
fr. diafisario (4-5 cm)	47	7	14		68
fr. diafisario (5-6 cm)	12	2	17		31
fr. diafisario (7-11 cm)	42			1	42
fr. costola	9	3	1		13
fr. cranio	2	1	2		5
fr. art.	2				2
fr. scapola	2				2
fr. falange I	1				1
fr. bacino	1				1
fr. vertebra			1		1
fr. femore	1				1
fr. tibia	1				1
totale	**157**	**23**	**288**	**13**	**481**

Tab. I - Piancada 2001-2002, distribuzione dimensionale dei frammenti indeterminati.
- Piancada 2001-2002, size distribution of the undetermined fragments.

ricerche hanno consentito di mettere in luce un grande canale, con sezione a U e che presenta un andamento N-S, largo circa 1,5-2 m e profondo 60-100 cm, che è stato indagato per circa 43 m su un totale di almeno 150 m.

Il canale (fig. 1), cui si collegavano altre canalette minori, forse era una struttura di drenaggio o un collettore idrico in funzione della gestione delle attività agricole nell'insediamento. Sul fondo del canale (fig. 2) erano dispersi numerosi reperti faunistici associati a scarsi elementi della cultura materiale (ceramica, manufatti litici) (Pessina 2006; Pessina & Tinè 2008).

La presenza, documentata a Piancada Latteria (Struttura 20), di sporadici frammenti di vasi a bocca quadrata associati ad un'industria litica caratterizzata da foliati, indicano per l'area una frequentazione estesa sino al Pieno Neolitico (Pessina et al. 2014).

La fauna dagli scavi degli anni 1992-2000

Lotti faunistici provenienti dai primi anni di scavo sono stati già esaminati da chi scrive e pubblicati: oltre al contesto relativo ad un pozzetto (Struttura 1) (Petrucci & Riedel 1996), è stato affrontato lo studio preliminare dei materiali recuperati nel grande canale nel corso degli scavi condotti tra il 1992 e il 1994 (Petrucci et al. 2000) e tra il 1995 e il 2000 (Petrucci et al. 2005).

Il presente contributo prende in esame i materiali degli ultimi due anni di scavo del canale, il 2001 e il 2002 (figg. 1 e 2), il cui studio ha assolutamente confermato le caratteristiche del complesso faunistico già messe in luce precedentemente. In totale sono stati esaminati

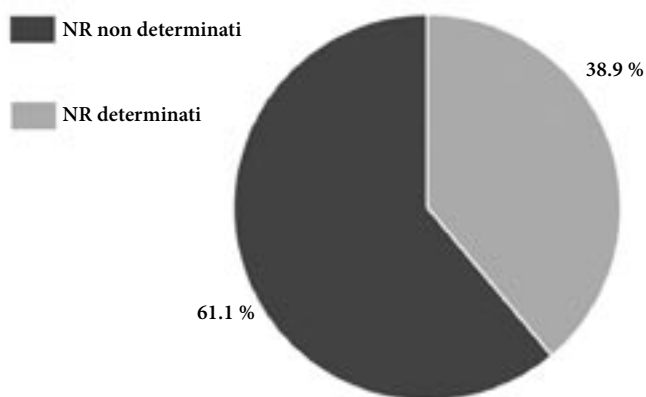



Fig. 3 - Piancada 2001-2002, rapporto percentuale tra reperti faunistici determinati e indeterminati.
- Piancada 2001-2002, percentage ratio of determined and undetermined faunal remains.

1966 reperti, che comprendono resti di mammalofauna e malacofauna.

I dati archeozoologici dagli scavi 2001-2002

La fauna è stata rinvenuta sia nella prosecuzione del corso principale del canale che in alcune strutture laterali, in particolare nella struttura 52 che ha restituito circa il 30% dei reperti messi in luce in questi due anni di scavo.

Composizione del campione

Come per il complesso faunistico del canale già esaminato (Petrucci et al. 2000, 2005), anche in questo

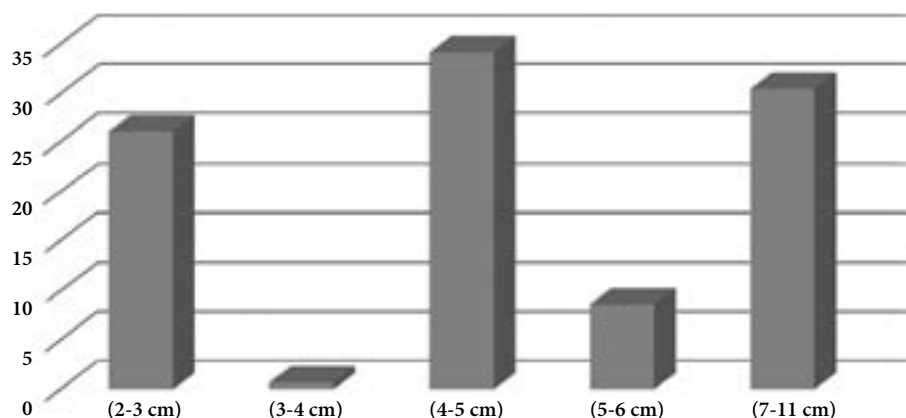



Fig. 4 - Piancada 2001-2002, distribuzione dimensionale dei frammenti di grande erbivoro.
- *Piancada 2001-2002, size distribution of the fragments of large herbivore.*

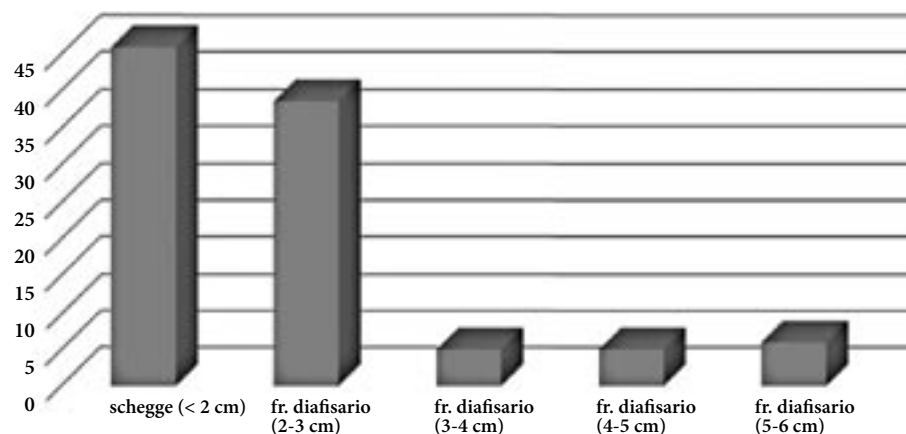



Fig. 5 - Piancada 2001-2002, distribuzione dimensionale dei frammenti indeterminati.
- *Piancada 2001-2002, size distribution of undetermined fragments.*

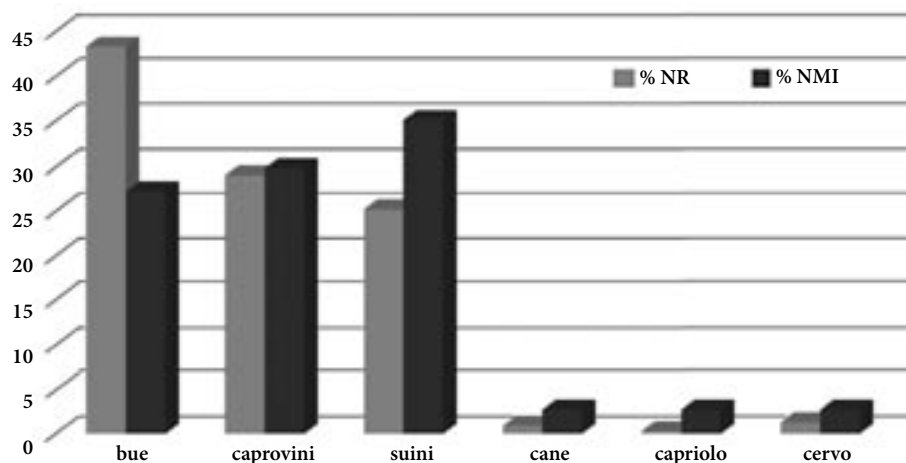



Fig. 6 - Piancada 2001-2002, composizione del campione faunistico (NR e MNI per *taxon*).
- *Piancada 2001-2002, composition of faunal record (NR and MNI per* taxon*).*

caso i reperti determinati costituiscono meno del 40% dei resti totali (fig. 3). La frammentazione dei reperti risulta molto accentuata a causa di fattori tafonomici di origine naturale e, in misura inferiore, imputabili all'azione antropica. Le ossa si presentavano in cattive condizioni di conservazione (fig. 2), molto deteriorate e danneggiate, fragili e con evidenti tracce di esfoliazione delle superfici. Questa situazione ha comportato notevoli difficoltà nel recupero dei reperti; la loro estrema fragilità ha reso spesso poco efficaci i tentativi di consolidamento effettuati *in situ*.

I resti indeterminati sono stati suddivisi su base dimensionale per cercare di evidenziare un'eventuale

	NR	%	MNI	%
bue	133	43,3	10	27,1
caprovini	89	28,9	11	29,7
suini	77	25,1	13	35,1
cane	3	0,9	1	2,7
capriolo	1	0,3	1	2,7
cervo	4	1,3	1	2,7
totale determinati	**307**	**100,0**	**37**	**100,0**
frr indeterminati	**481**			
tot reperti faunistici	**788**			

Tab. II - Piancada 2001-2002, composizione del campione faunistico.
- *Piancada 2001-2002, composition of faunal record.*

	bue	caprovini	suini	cane	cervo	capriolo
cavicchi/palchi						1
cranio	4	1				
mascella	1	1	3			
denti superiori	20	15	10	2	2	
mandibola	7	7	11			
denti inferiori	13	29	22	1	1	
denti indet.	1		3			
atlante						
epistrofeo						
vert. cervicali	2					
vert. toraciche						
vert. lombari		1				
caudali - sacro	1					
costole	1		1			
scapola	5	3	1			
omero	7	2	10			
radio	15	4	2			
ulna	2		4			
ossa carpi	2		1			
metacarpo	11	4				
falangi I a	1					
falangi II a						
falangi I/II ind	1					
bacino	5	4	1			
femore			1			
tibia	12	15	5			
astragalo	3	1	1			
calcaneo	4		1			
ossa tarsi	1					
metatarso	8	1			1	
falangi I p	1					
falangi II p						
falangi I	1					
falangi II	2					
falangi III	2					
varie (mtp)						
totale	**133**	**89**	**77**	**3**	**4**	**1**

Tab. III - Piancada 2001-2002, distribuzione dei resti per *taxon* e per elemento anatomico.
- *Piancada 2001-2002, distribution of the remains for* taxon *and anatomical element.*

tendenza alla fratturazione più o meno accentuata. Circa il 30% di essi proviene dalla fratturazione di ossa di erbivori di grossa taglia non riconducibili con sicurezza a bovini o al cervo, mentre la maggior parte degli altri frammenti, eccettuati quelli di specie di piccola/media taglia, non è determinabile nemmeno in modo generico (fig. 4).

Come esposto nella tab. I, l'88% circa dei reperti indeterminati riferibili ad animali della taglia di un grande erbivoro (bue, bue selvatico, cervo) non ha potuto essere attribuito anatomicamente, ed è costituito da frammenti di varie dimensioni (fig. 4). Gli altri resti indeterminati sono per lo più costituiti da schegge e frammenti di piccole dimensioni, entro i tre centimetri (fig. 5).

Gli elementi determinati provengono da un numero limitato di *taxa* (tab. II), quasi esclusivamente domestici (bovini, capra/pecora, maiale, cane) mentre i selvatici (cervo, capriolo, forse il cinghiale) risultano scarsamente rappresentati, in linea con quanto emerso dall'analisi della fauna dei primi tratti di canale. A differenza dei lotti di materiali 1992-1994 e 1995-2000, nella lista faunistica compare il cervo.

Ai resti di vertebrati (fig. 6) vanno aggiunti alcuni esemplari di molluschi marini e terrestri.

L'osservazione della conservazione differenziale degli elementi anatomici per *taxon* lascia immediatamente intravedere la maggior sopravvivenza di quelli più resistenti (denti, alcune ossa lunghe) delle specie di piccola taglia e la quasi totale assenza dal record di elementi come vertebre, costole e falangi. Per quanto riguarda i bovini, il fenomeno è meno accentuato ma segue una analoga tendenza (tab. III, fig. 7).

Determinazione del MNI per taxon

Allo scopo di stabilire l'incidenza relativa delle diverse specie animali nell'ambito delle attività di sfruttamento delle risorse faunistiche a Piancada nel momento in cui i resti organici furono dispersi nel canale, (determinandone forse la disattivazione?), la valutazione del minimo numero di individui (MNI) per specie è

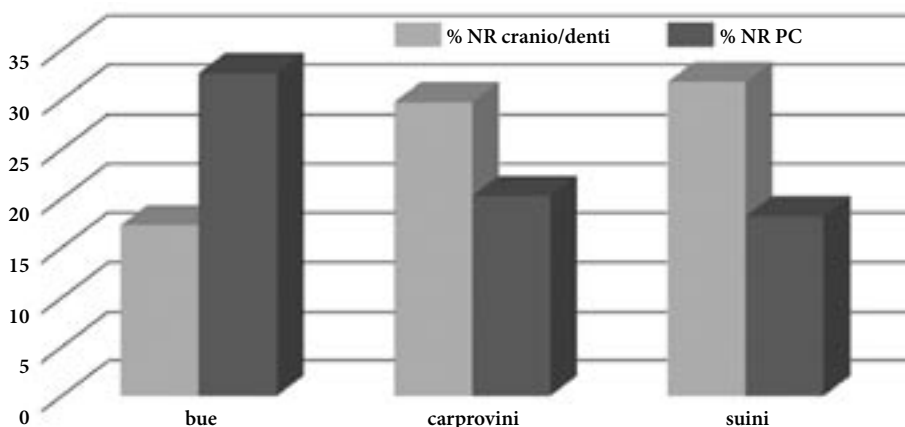



Fig. 7 - Piancada 2001-2002, differenze percentuali tra resti craniali e postcraniali nei *taxa* principali.
- *Piancada 2001-2002, percentage differences between cranial and postcranial remains in major* taxa.

dente	sup sn	sup dx	inf sn	inf dx	MNI	età
M2+/-		1			1	iuv 18 m
M2+/ +°			3	1	3	subad 18-27 m
M3+/- (M2 ++)	1		1	1	1	subad 27-30 m
M3+/°(M2++?)		1		2	2	subad/ad 30-36 m?
M3+ (M2 ++)	2				2	subad/ad 30-36 m
M2 ++	4				(4)	
M3+++				1	1	ad > 5a
tot					10	

Tab. IV - Piancada 2001-2002, distribuzione dei resti dentari di bovini
- *Piancada 2001-2002, distribution of cattle dental remains.*

elemento	**art NF**	**art JF**	**art F**	**MNI**
scapola	< 9 m	9 m	> 9	
NR			1?, 4 sn,	4 subad/ad

elemento	**prox e dist NF**	**dist NF**	**dist JF**	**dist F**	**prox NF**	**prox F**	**MNI**
omero	< 18 m	< 18 m	18 m	> 18 m	< 4 a	> 4 a	
NR				2 dx 3 sn		1 dx	4 (1 ad, 3 subad/ad)

elemento	**prox e dist NF**	**dist NF**	**dist JF**	**dist F**	**prox NF**	**prox F**	**MNI**
radio	< 18 m	15 m-4 a	4 a	> 4 a	< 15 m	> 15 m	
NR		1 sn		1 sn		5 sn 6 dx	8 (1 subad, 6 subad/ad, 1 ad)

elemento	**prox NF**	**prox F**	**MNI**
ulna	< 4a	> 4 a	
		1 dx	1 ad

elemento	**dist NF**	**dist F**	**MNI**
metacarpo	< 30 m	> 30 m	
		1 dx 4 sn	4 subad/ad

elemento	**acet. NF**	**acet. JF**	**acet, F**	**MNI**
bacino	< 9 m	9 m	> 9 m	
		1 dx, 2 ?	2 subad/ad	

elemento	**prox e dist NF**	**dist NF**	**dist JF**	**dist F**	**prox NF**	**prox F**	**MNI**
tibia	< 30 m	< 30 m	* 30 m	> 30 m	< 48 m	> 48 m	
NR		1 sn	1 sn	3 dx 1 sn			5 (1 iuv, 1 subad, 3 subad/ad)

elemento	**Tuber NF**	**Tuber JF**	**Tuber F**	**MNI**
calcaneo	< 36 m	36 m	> 36 m	
	1 sn		2 sn 1 dx	3 (1 subad, 2 subad/ad)

elemento	**dist NF**	**dist F**	**MNI**
metatarso	< 30 m	> 30 m	
		2 dx 4sn	4 subad/ad

Tab. V - Piancada 2001-2002, distribuzione e MNI sulla base dei resti postcraniali dei bovini.
- *Piancada 2001-2002, distribution and MNI on the basis of cattle postcranial remains.*

MNI	età	
1	iuv	18 m
4	subad	27-30 m
2	subad/ad	30-36 m?
2	subad/ad	30-36 m
1	ad	> 5a
10	**totale**	

Tab. VI - Piancada 2001-2002, MNI in base alle classi di età dei bovini.
- *Piancada 2001-2002, MNI divided on the basis of cattle ages.*

stata effettuata, come di consueto, sia sulla base delle caratteristiche di eruzione ed usura dei denti, sia sulla base dell'osservazione della saldatura delle epifisi delle ossa dello scheletro postcraniale; i dati relativi a queste osservazioni sono esposti nelle tabelle che seguono (tabb. IV, V, VI).

Gli individui determinati per i bovini si inseriscono principalmente nelle classi di età dei giovani appena adulti; un solo individuo risulta infatti di età superiore ai 5 anni al momento della morte, e uno solo di età giovanile (fig. 8).

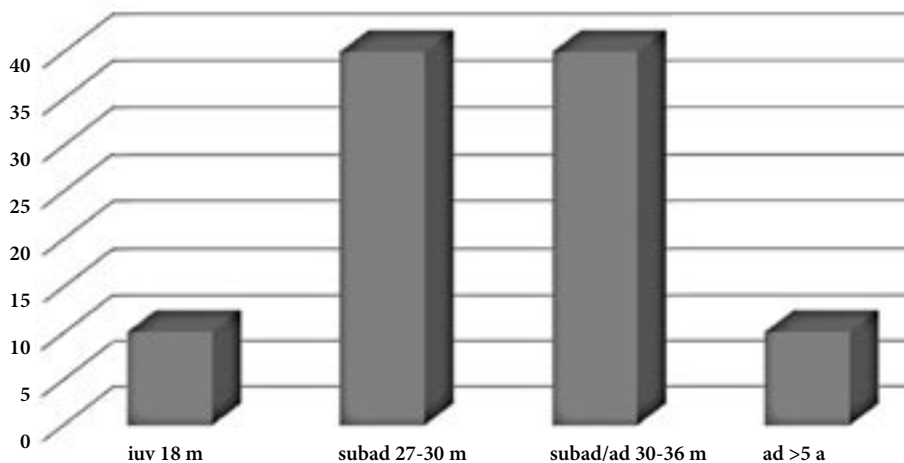



Fig. 8 - Piancada 2001-2002, % MNI per classi di età bovini.
- *Piancada 2001-2002, % MNI by age classes in cattle.*

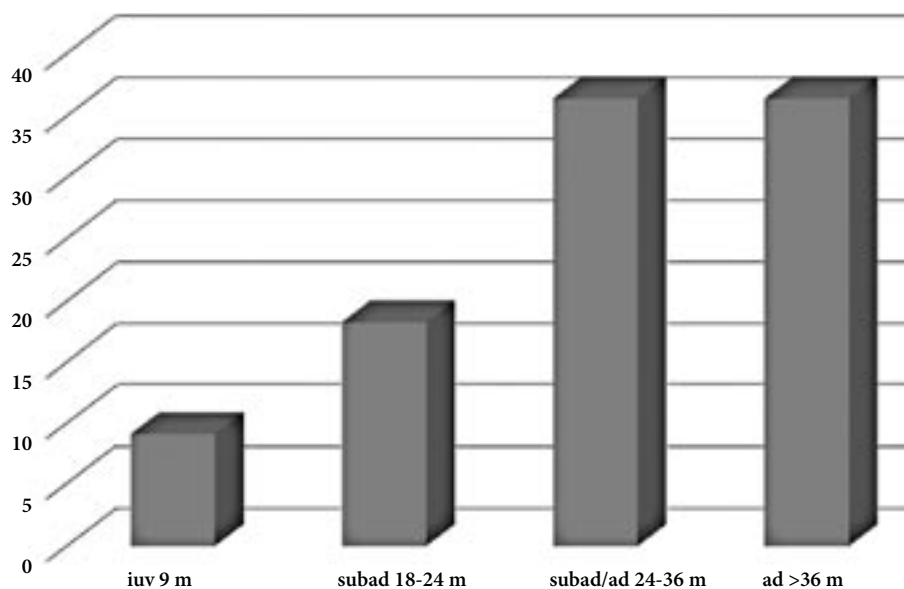



Fig. 9 - Piancada 2001/2002, % MNI per classi di età caprovini.
- *Piancada 2001-2002, % MNI by age classes in sheep/goat.*

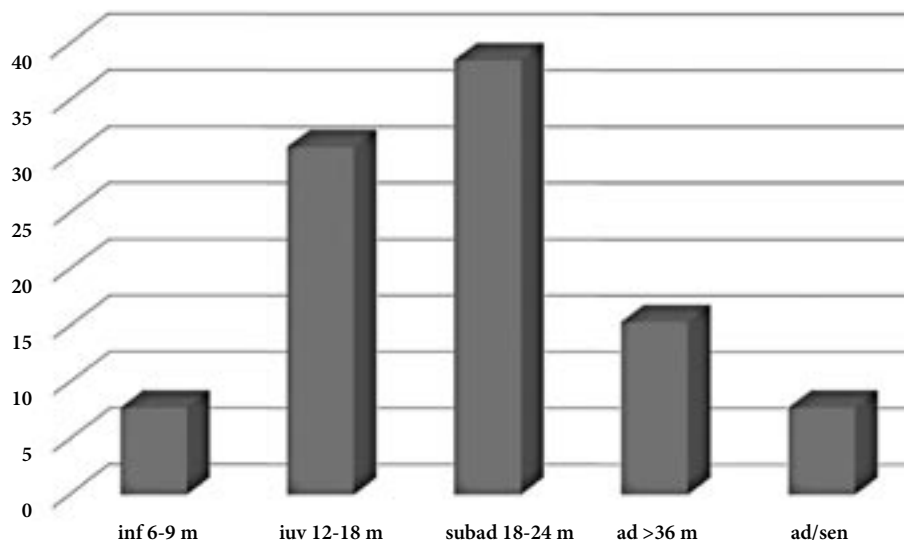



Fig. 10 - Piancada 2001/2002, % MNI per classi di età suini.
- *Piancada 2001-2002, % MNI by age classes in pigs.*

dente	**Sup sn**	**Sup dx**	**Inf sn**	**Inf dx**	**MNI**	**età**
D4++ (M2+/-)			1		1	iuv 9 m
M3+/-						
(D4 +++ M1++, M2+)			1		1	subad 18 m
P4+/-				1	1	subad 21-24 m
M3+ (+/1-2-3)						
P4°	3		3	4	4	subad/ad 24 m
M3++		2	3	2	3	ad 36 m
M3+++		1	1		1	ad
tot					**10**	

Tab. VII - Piancada 2001/2002, distribuzione dei resti craniali di caprovini.
- *Piancada 2001/2002, distribution of sheep/goat dental remains.*

elemento	**art NF**	**art JF**	**art F**	**MNI**			
scapola	< 6m	6-9 m	> 9 m				
NR			1 dx, 1 sn	1 subad/ad			
elemento	**prox e dist NF**	**dist NF**	**dist F**	**prox NF**	**prox F**	**MNI**	
omero	< 9 m	< 9 m	> 9 m	< 42 m	> 42 m		
NR			2 dx			2 subad/ad	
elemento	**prox e dist NF**	**prox F**	**prox F, dist NF**	**dist F**	**MNI**		
radio	< 9 m	> 9 m	> 9 m <42 m	> 42 m			
NR	1 sn	1 dx	1 sn		2 (1 iuv, 1 subad)		
elemento	**dist NF**	**dist F**	**MNI**				
metacarpo	<18 m	> 18 m					
	1	1	2 (1 iuv, 1 subad/ad)				
elemento	**art NF**	**art F**	**MNI**				
bacino	<6 m	> 6 m					
		1 dx, 1 sn, 1 ?	2 subad/ad				
elemento	**prox e dist NF**	**dist NF**	**dist F**	**prox NF**	**prox F**	**diaf mediana subad/ad**	**MNI**
tibia	< 18 m	< 18 m	> 18 m	< 42 m	> 42 m		
NR	1 iuv		1 dx (ovis)			5 dx, 2 sn	7 (1 iuv, 6 subad/ad)
elemento	iuv	ad	MNI				
astragalo	1		1 iuv				
elemento	**dist NF**	**dist F**	**MNI**				
metatarso	< 18 m	> 18 m					
	1 sn		1 iuv				

Tab. VIII - Piancada 2001/2002, distribuzione dei resti postcraniali e MNI dei caprovini.
- *Piancada 2001/2002, distribution and MNI of sheep/goat postcranial remains.*

Fig. 11 - Frammento di mandibola di maiale con M3.
- *Fragment of pig jaw with M3.*

Fig. 12 - Valva di *Cerastoderma glaucum*.
- *Valve of* Cerastoderma glaucum.

MNI	età	
1	iuv	9 m
2	subad	18-24 m
4	subad/ad	24-36 m
4	ad	> 36 m
11	**totale**	

Tab. IX - Piancada 2001/2002, MNI per classi di età dei caprovini.
- *Piancada 2001/2002, MNI on the basis of sheep/goat ages.*

dente	sup sn	sup dx	inf sn	inf dx	MNI	età
D4++				1	1	inf 6-9 m
M2+°			4	1	4	iuv 12-18 m
M3V			1		1	subad 18-21 m
M3+/-	1	2			3	subad 18-21/19-23 m
M3+/°	1	1			1	subad
M3++				2	2	ad > 36 m
M3+++			1		1	ad
tot						**13**

Tab. X - Piancada 2001/2002, MNI sulla base dei resti dentari dei suini.
- *Piancada 2001/2002, MNI on the basis of pigs dental remains.*

elemento	**tuber NF**	**tuber JF**	**tuber F**	**MNI**				
scapola	< 12 m	12 m	> 12 m					
NR			1 dx	1 ad				
elemento	**prox e dist NF**	**dist NF**	**dist JF**	**dist F**	**prox NF**	**prox NF, dist F**	**prox F**	**MNI**
omero	< 12 m	< 12 m	12-15 m	> 15 m	< 42 m	15-42 m	> 42 m	
NR	1 dx		4 sn					1 iuv, 4 subad/ad
elemento	**prox e dist NF**	**dist NF**	**prox F**	**dist NF**	**dist F**		**MNI**	
radio	< 12 m	< 12 m	> 12 m	< 42 m	> 42 m			
NR		1 sn, 1 sn?						2 subad/ad
elemento	**prox NF**	**prox F**	**MNI**					
ulna	< 42 m	> 42 m						
		1 sn 1 dx			1 iuv, 1 subad, 2 ad			
elemento	**prox e dist NF**	**dist NF**	**prox F, dist NF**	**dist F**	**prox NF**	**prox F**		**MNI**
femore	< 36 m	< 36 m	36-42 m	> 42 m	< 36 m	> 36 m		
NR							1 ad	
elemento	**prox e dist NF**	**dist NF**	**dist F**	**prox NF**	**prox JF**	**prox F**		**MNI**
tibia	< 24 m	< 24 m	> 24 m	< 42 m	42 m		> 42 m	
NR		3 dx subad/ad						3 subad/ad

Tab. XI - Piancada 2001/2002, distribuzione e MNI sulla base dei resti postcraniali dei suini.
- *Piancada 2001/2002, distribution and MNI on the basis of pigs postcranial remains.*

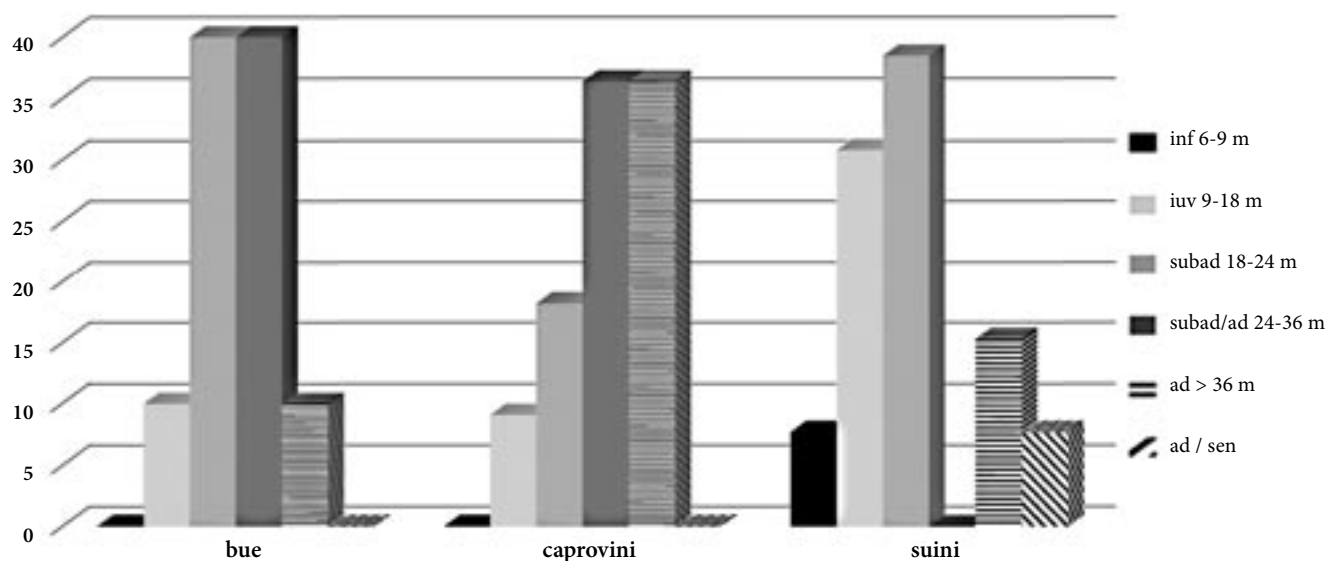



Fig. 11- Piancada 2001-2002, % MNI per classi di età dei *taxa* domestici
- *Piancada 2001-2002, % MNI by age classes in domestic* taxa.

MNI	età	
1	inf	6-9 m
4	iuv	12-18 m
1	subad	18-21 m
3	subad	18-21/19-23 m
1	subad	
2	ad	> 36 m
1	ad/sen	
13	**totale**	

Tab. XII - Piancada 2001-2002, MNI per classi di età dei suini.
- *Piancada 2001-2002, MNI on the basis of pig ages.*

	Canino ♂		Canino ♀	
	sup	inf	sup	inf
dx		1 iuv/subad		
sn	1 ad	1 ad		1 ad
ind			1 ad	

Tab. XIII- Piancada 2001-2002, difese maschili e femminili dei suini.
- *Piancada 2001-2002, male and female canine tooth in* pigs.

I resti riferibili a capre e pecore (solo un reperto è stato attribuito con sicurezza al genere *Ovis*) giustificano la presenza di almeno 11 individui che si inseriscono principalmente nelle classi di età dei giovani adulti e pienamente adulti, superiori ai tre anni di età al momento dell'abbattimento (fig. 9).

Una diafisi mediana di omero destro, un'ulna destra quasi integra (BPC 20,7 mm, diam max caput 31,7 mm, B anteropost 42,2 mm) e una diafisi mediana di tibia sulla base delle dimensioni si avvicinano alla forma selvatica.

I suini sono rappresentati da almeno 13 individui che si distribuiscono in tutte le classi di età, lasciando tuttavia intravedere una maggior propensione all'abbattimento di individui giovani (circa un anno di età) o subadulti fino ai 24 mesi (figg. 10 e 11).

Altre specie

Il cane, presente anche nei campioni faunistici 1992-1994 e 1995-2000 del canale di Piancada, è segnalato dal ritrovamento di un incisivo superiore sinistro non usurato, 1 M1 inferiore frammentato e un P4 superiore destro, non recante tracce di usura dello smalto, tutti riferibili ad un individuo giovane.

Le specie selvatiche sono rappresentate dal cervo e dal capriolo, quest'ultimo già indicato dal ritrovamento di una mandibola nel tratto di canale scavato tra il 1992 e il 1994. Tra i resti faunistici del 2001-2002 è stata individuata una porzione basale di palco di capriolo con rosetta conservata, di individuo adulto.

Sono stati attribuiti al cervo solo tre denti, un M inferiore frammentario, un M1 superiore destro, un M1 o 2 superiore sinistro, tutti con usura media, e una diafisi prossimale di metatarso sinistro riferibile, come i denti, ad un individuo adulto.

Molluschi

In associazione ai reperti di mammiferi, all'interno del canale di Piancada sono stati recuperati anche alcuni molluschi: si tratta di 9 valve di *Cerastoderma glaucum*, un bivalve della famiglia dei *Cardiidae*, molto comune in tutto il Mediterraneo e diffuso in particolare in ambito lagunare (fig. 12). A questi vanno aggiunti un gasteropode terrestre, *Eobania vermiculata,* e un frammento di un altro gasteropode terrestre indeterminato.

	Piancada Str. 1	**Piancada 1995-2000 Canale neolitico**	**Nogaredo str. 1**	**Bannia str. 8-8A-8B**
L M3 sup.		31-34; *33.2*	29,4	28,2; 32,2
L M3 inf.	40,2		39,7	
Scapola GLP		73,1; 69		60,4
SLC	52,5	54,2; 61		45,9
LG		56,5; 58,8		52,3
BG		50,1; 50,2; 52,4		42
Omero Bd	90	75; 85,2; 87 *82,4*	76; 79	
Radio GL			279	
Bp		77,9-99,8 *87,7*	79,7	
BFp		71,4-88,6 *80,1*	75,4	
Metacarpo GL		197		
Bp		56,1; 57,5; 58,2; 67,7 67,8; 67,8 *62,5*	57	
Tibia Bd	56	58,2; 61,1; 62,3 *59,4*		61,3
Astragalo GLl	66, 2	63,8; 66; 68,3		61,4
Calcaneo GL	140*; 150*	123; 125; 128,4		148,5
Centrotarsale GB	50,3		56,6	
Metatarso GL		236,1		
Bp	54,2	53,1; 47,5; 50,1	47*	40,7
Falange II Bp	29,6-23,2	29,8; 29,9: 35,1	30,7	
Falange II GLpe		31-40	41,5	

Tab. XIV - Confronto fra i dati metrici dei resti di bue di Piancada, Nogaredo al Torre (Neolitico antico) e Bannia (Neolitico recente). Se non altrimenti indicato, le misure sono sempre in millimetri; l'asterisco segnala un rilevamento lievemente impreciso, mentre la cifra in corsivo si riferisce alla media tra più valori.
- *Comparing the metric data of cattle remains of Piancada, Nogaredo al Torre (Early Neolithic) and Bannia (Recent Neolithic). Unless otherwise indicated, the measures are always in millimeters; the asterisk indicates a slightly inaccurate detection, while the italics refers to the average of multiple values.*

Considerazioni generali

L'esame delle caratteristiche qualitative e quantitative del lotto faunistico proveniente dall'ultimo tratto del canale di Piancada ha evidenziato corrispondenze stringenti con quelle emerse dallo studio dei lotti già pubblicati. In questa sede si ritene opportuno, comunque, esaminare i soli aspetti archeozoologici, rinviando ad un successivo contributo l'analisi puntuale dei dati culturali.

In generale, si può quindi affermare che il complesso faunistico rinvenuto nel canale è formato prevalentemente da resti di *taxa* domestici cui si associano pochi reperti di artiodattili selvatici come il cervo, il capriolo e forse il cinghiale. La comunità insediata in prossimità della struttura era dedita, dunque, all'allevamento e si dedicava solo saltuariamente alla caccia e alla raccolta di molluschi marini, facilmente accessibili, peraltro, vista la vicinanza del sito al margine della laguna di Marano.

In base al MNI i caprovini e i suini risultano essere sempre prevalenti rispetto ai bovini; i buoi, i cui resti sono tutti ascrivibili alla forma domestica, erano macellati preferibilmente in età appena adulta, mentre i caprovini attestano la maggior presenza di individui eliminati in età subadulta o pienamente adulta. Ciò lascia ipotizzare, pertanto, la volontà di utilizzare alcune risorse ottenibili dagli animali prima della macellazione per l'ottenimento della carne. Eccettuata la finalità riproduttiva, tali risorse potrebbero essere state limitate al solo prelievo del latte consumato crudo o fermentato (la documentazione materiale non ha infatti ancora restituito, almeno per il Primo Neolitico Friulano, utensili che possano far pensare

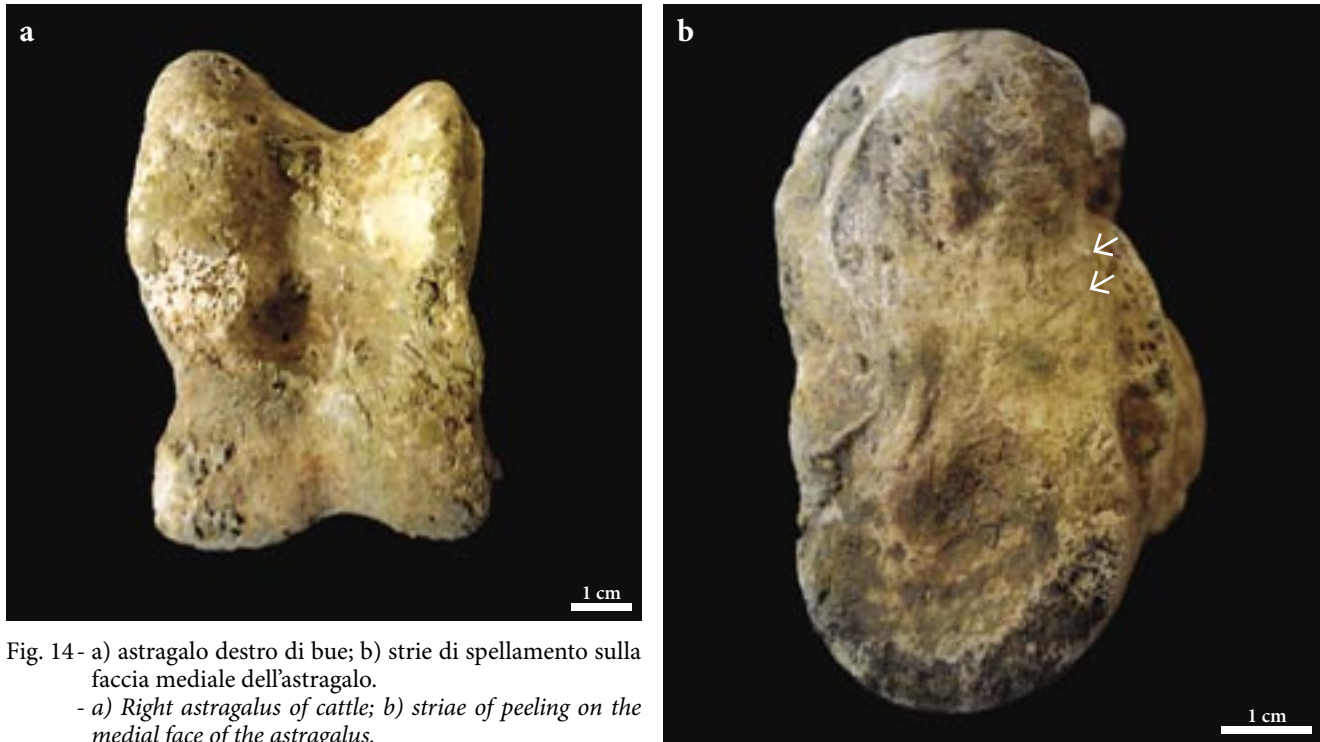



Fig. 14 - a) astragalo destro di bue; b) strie di spellamento sulla faccia mediale dell'astragalo.
- *a) Right astragalus of cattle; b) striae of peeling on the medial face of the astragalus.*

Fig. 15 - Diafisi distale di omero destro di bue con strie oblique in faccia mediale.
- *Distal diaphysis of the right humerus of cattle with oblique striae in the medial face.*

Fig. 16 - Diafisi distale di omero sinistro di bue con frattura longitudinale.
- *Distal diaphysis of the left humerus of a cattle with longitudinal fracture.*

ad una, seppure embrionale, attività casearia) o all'uso del letame.

I suini domestici si distribuiscono in numerose classi di età, e vedono rappresentati nel campione individui molto giovani ma soprattutto giovani e subadulti. L'allevamento di questa specie, facilitato dalle caratteristiche morfologiche del sito, era evidentemente mirato alla resa carnea.

La presenza di difese maschili e femminili ha consentito di individuare almeno due maschi (un giovane e un adulto) e di almeno una femmina di età adulta (tab. XIII).

I resti di cane, sia pur scarsi e frammentari, confermano la vicinanza di questa specie alle comunità umane già nelle prime fasi del Neolitico.

L'economia di sfruttamento delle risorse animali era integrata dalla caccia alle specie più diffuse nelle aree boscose che delimitavano la pianura alluvionale: sulla base dei dati a nostra disposizione, erano preferite prede di età adulta.

Morfometria

Sulla base degli elementi anatomici misurabili, i buoi erano grandi dimensioni, come già osservato nel corso dell'esame dei primi due lotti di materiale faunistico. Un metacarpo con una lunghezza totale (GL)[1] di 199,3 mm corrisponde ad un individuo alto al garrese 123,1 cm. Nella tab. XIV sono esposti, a titolo di confronto, i dati metrici dei resti di bue di Piancada e di altri due siti friulani, Nogaredo al Torre (UD), Neolitico antico (Petrucci et al. 2005), e Bannia (PN), Neolitico recente (Petrucci 2005); sulla base di questi dati è possibile osservare che le forme bovine di Piancada erano ben sviluppate, con articolazioni ossee larghe e massicce, riferibili a individui alti al garrese in media 120 cm.

Le indicazioni relative alle due specie domestiche minori non sono numerose; possiamo solo osservare che le misure dei caprovini, quasi esclusivamente dentarie,

1) Per le sigle delle misure dei reperti cfr. van den Driesch (1976).

Fig. 17 - Frammento di vertebra cervicale di bue con strie a carico della superficie articolare di un processo.
- *Fragment of a cervical vertebra of a cattle with striae on joint surface of a process.*

sono confrontabili con quelle dei resti provenienti dal canale e precedentemente esaminati. Una diafisi distale di tibia, in base alla morfologia, è stata attribuita alla pecora. Le ossa sono di aspetto esile, attribuibili a forme non particolarmente sviluppate.

I suini domestici sembrano essere di dimensioni medie: oltre alla valutazione delle larghezze delle estremità articolari, il linea con le popolazioni neolitiche della Pianura Padana, le altezze al garrese ottenute da un astragalo e da un calcaneo sono rispettivamente 62,6 e 69,4 cm.

Tracce di intervento antropico

Su alcune ossa di bue sono state registrate tracce di intervento intenzionale, da mettere in relazione con le varie fasi del trattamento delle carcasse animali. Un astragalo destro integro reca delle strie sottili oblique parallele tra loro nella faccia mediale (fig. 14), mentre un centro tarsale sinistro integro è interessato da strie sottili trasversali nella faccia anteriore: entrambe queste evidenze sono da attribuirsi allo spellamento o alla rimozione di materia organica dalle ossa.

Su una diafisi distale di omero destro si osservano delle strie oblique nella faccia mediale (fig. 15), esito di spellamento, mentre un radio e un omero (fig. 16) recano una frattura longitudinale a carico della diafisi, dovute probabilmente alla ricerca del midollo interno dell'osso. Una stria sulla superficie articolare di un processo di una vertebra cervicale, infine, deve essere imputata al depezzamento della carcassa (fig. 17).

Tracce di focatura o combustione hanno intaccato solo appena 13 reperti (indeterminabili), pari all'1,6 % del totale dei resti.

L'insieme faunistico che proviene dagli scavi 2001-2002 del grande canale del sito neolitico di Piancada, inquadrabile tra la fine del VI e gli inizi del V mill. a.C cal. (Pessina 2006), presenta le medesime caratteristiche di composizione del campione dei primi tratti di canale indagati (tab. XIV); analoghe anche

le condizioni di conservazione dei reperti, il grado di frammentazione, il rapporto percentuale tra frammenti determinati e indeterminati. La fauna rappresentata nel campione, scaricata nel canale come esito di attività svolte nei pressi, è essenzialmente domestica eccetto scarsi frammenti di cervo, capriolo e, forse, di cinghiale; i pochi resti di malacofauna sono riferibili in massima parte al *Cerastoderma glaucum*, bivalve che predilige i fondali bassi e sabbiosi, e a qualche specie terrestre (fig. 12). È probabile che la raccolta di molluschi integrasse, in qualche misura, la dieta della comunità insediata a Piancada.

La presenza del cane, indicata dai ritrovamenti del 1994, è confermata dai resti di questa specie recuperati tra 1995 e 2000, e tra 2001 e 2002; questo dato è un'ulteriore prova della presenza a Piancada di una fauna pienamente domestica in un contesto di Primo Neolitico. L'analisi ha confermato la prevalenza numerica di caprovini e suini sui bovini; le specie di dimensioni più piccole erano evidentemente più gestibili, e più adatte all'ambiente in cui il sito era inserito. L'allevamento ovicaprino era praticato all'interno di un'economia agricola, i cui rifiuti potevano essere utilizzati per il nutrimento dei suini domestici.

L'analisi delle classi di età per specie (tabb. IV, VI e XII) indica che caprovini e bovini venissero macellati da subadulti o appena adulti con l'intento di ottenere una resa carnea ottimale che seguiva probabilmente un breve periodo di sfruttamento, nel caso degli adulti, soltanto del latte.

Tracce di macellazione sono state riscontrate su pochi reperti, a causa delle loro pessime condizioni di conservazione, e quasi esclusivamente sulle ossa dei bovini (figg. 14, 15 e 17), documentando le diverse fasi della catena operativa che portava alla macellazione degli animali: si tratta di strie di spellamento o disarticolazione, e di fratture irregolari longitudinali o trasversali sulle diafisi delle ossa lunghe.

La popolazione bovina di Piancada era formata da individui di grandi dimensioni, ad indicare l'esistenza, già nelle prime fasi della affermazione delle pratiche di allevamento in Friuli, di una forma domestica ben sviluppata e distinguibile dalla corrispondente specie selvatica *Bos primigenius*, la cui presenza è stata solamente ipotizzata nel sito sulla base di alcuni elementi ossei.

Manoscritto pervenuto il 30.X.2016 e approvato il 30.XI.2016.

Bibliografia

Driesch, A. von den. 1976. *A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites as developed by the Institut für Palaeoanatomie, Domestikations forschung und Geschichteder Tiermedizin of the University of Munich*. Cambridge: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University.

Ferrari, A., & A. Pessina. 1996. Le ricerche nei siti neolitici del Friuli. Fagnigola. Il villaggio di Sammardenchia. L'insediamento di Piancada. In *Sammardenchia e i primi agricoltori del Friuli*, cur. A. Ferrari & A. Pessina, 19-92. Udine: Banca di Credito Cooperativo di Basiliano.

Fontana, A. 2000. Siti ed ambienti neolitici nella Pianura Friulana. In *La neolitizzazione tra Oriente e Occidente, Atti del Convegno di Studi (Udine, aprile 1999)*, cur. A. Pessina & G. Muscio, 213-30. Udine: Museo Friulano di Storia Naturale.

Occhini, E. 1998-1999. *L'abitato neolitico di Piancada (Palazzolo dello Stella - UD)*. Tesi di Laurea inedita. Milano: Università degli Studi.

Pessina, A. 1998. Aspetti culturali e problematiche del primo Neolitico dell'Italia settentrionale In *Settemila anni fa il primo pane. Catalogo della Mostra (Udine, 1998-1999)*, cur. A. Pessina & G. Muscio, 95-105. Udine: Museo Friulano di Storia Naturale.

Pessina, A. 2001. Palazzolo dello Stella, Piancada, località Bosco Nogali. Scavi 2001. *Aquileia Nostra* 72: 522-4.

Pessina, A. 2006. Nuovi dati sugli aspetti culturali del Primo Neolitico in Friuli e sui rapporti con l'Adriatico orientale. In *Preistoria dell'Italia settentrionale.* Atti del Convegno (Udine, settembre 2005), cur. A. Pessina & P. Visentini, 279-302. Udine: Museo Friulano di Storia Naturale.

Pessina, A. 2004. 908 Friuli Venezia Giulia - Udine - Palazzolo dello Stella - Piancada. In *Il Neolitico in Italia. Ricognizione, catalogazione e pubblicazione dei dati bibliografici, archivistici, materiali e monumentali*, cur. M. Fugazzola Delpino, A. Pessina & V. Tiné, 99. Roma: Origines. Studi e materiali pubblicati a cura dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Soprintendenza al Museo Preistorico Etnografico "L. Pigorini", 3.

Pessina, A., & L. Calani. 1997. Palazzolo dello Stella, frazione Piancada. Area della Latteria. Ricerche 1996-1997. *Aquileia Nostra* 68: 421-3.

Pessina, A., & A. Ferrari. 1998. I primi villaggi di agricoltori nell'Italia nordorientale (Friuli) In *Proceedings of the XIII International Congress for Prehistoric and Protohistoric Sciences (Forlì, September 1996)*, cur. R. De Marinis, A. Bietti Sestieri, R. Peroni, C. Peretto, 533-40. Forlì: ABACO ed., 3.

Pessina, A., & A. Fontana. 2002. Palazzolo dello Stella, Piancada, località Bosco Nogali. Scavi e ricerche 2002. *Aquileia Nostra* 73: 740-1.

Pessina, A., & V. Tinè. 2008. *Archeologia del Neolitico. L'Italia tra VI e IV millennio a.C.*, 174-6. Roma: Carocci editore.

Pessina, A., A. Fontana & S. Salvador. 2014. Piancada. In *Adriatico senza confini. Via di comunicazione e crocevia di popoli nel 6000 a.C., catalogo della mostra*, cur. P. Visentini & E. Podrug, 130-1. Udine: Civici Musei di Udine, Museo Friulano di Storia Naturale.

Petrucci, G. 2005. La fauna. In *Bannia-Palazzine di Sopra. Una comunità preistorica del V millennio a.C.*, cur. P. Visentini, 146-70. Quaderni del Museo Archeologico del Friuli Occidentale, 5.

Petrucci, G., & A. Riedel. 1996. La fauna di Piancada nell'ambito dell'archeozoologia dell'Italia nordorientale. In *Sammardenchia e i primi agricoltori del Friuli*, cur. A. Ferrari & A. Pessina, 113-20. Udine: Banca di Credito Cooperativo di Basiliano.

Petrucci, G., & A. Riedel. 1998. La domesticazione degli

animali e le prime faune domestiche del primo Neolitico dell'Italia nordorientale. In *Settemila anni fa il primo pane. Ambienti e culture delle società neolitiche,* catalogo della mostra, cur. A. Pessina & G. Muscio, 25-33. Udine: Museo Friulano di Storia Naturale.

Petrucci, G., A. Riedel & A. Pessina. 2000. La fauna del canale neolitico di Piancada (Udine). In *Atti del II Convegno Nazionale di Archeozoologia* (Asti novembre 1997), 193-200.

Petrucci, G., A. Pessina, P. Visentini & S. Vitri. 2005. Allevamento e caccia nei siti neolitici del Friuli. In *Atti del IV Convegno Nazionale di Archeozoologia* (Pordenone 13-15 novembre 2003), cur. G. Malerba & P. Visentini, 161-7. Quaderni del Museo Archeologico del Friuli Occidentale, 6.

Appendice: misure reperti

Se non altrimenti indicato, le misure sono sempre in millimetri; l'asterisco segnala un rilevamento lievemente impreciso.

Bovini

Resti dentari

M3 inf	L 37,8 B 12,9
M3 inf	L 42,5 B 15,7
M3 inf	L 39,4 B 15,1
M3 sup	L 29,8 B 19,8
M3 sup	L 32,2 B 21,4
M3 sup	L 34,7 B 26,7

Postcraniale

scapola sn	GLP 63,1 SLC 51,1 LG 54,5 BG 47,6
scapola sn	GLP 67,9
scapola sn	GLP 80,2 SLC 63,8 LG 66,3 BG 58,6
omero sn	Bd 96,6 BT 88,8 SD 42,2
omero sn	Bd 89,9 BT 78,1
omero sn	BT 76,9
radio	Bp 77,9* BFp 77,1 Dp 42,6
radio dx	Bp 92,7 BFp 86,4
radio dx	Bp 72,5
radio sn	Bp 66 *,
radio sn	Bp 67,6
radio sn	Bd 81,7
ulna dx	BPC 40* spessore caput 70,4
ulna sn	BPC ulna 42,4
capitato trapezoide sn	BG 32,2
metacarpo sn	GL 199,3 Bp 56,5 SD 34,5 Bd 60,3
metacarpo sn	Bp 61,2
tibia dx	Bd 57,4 Dd 43,4
tibia sn	Bd 68,1 Dd 50,2
tibia sn	Bd 54,9 Dd 39,2
calcaneo sn	GL 133 BG 38,8
calcaneo sn	BG 45,8
astragalo dx	GLl 71,5 GLm 65,5
astragalo dx	GLl 66,2 GLm 61,4
centrotarsale sn	BG 57,9
metatarso sn	Bp 52,6 Dp 52,9
metatarso dx	Bp 52,5 Dp 50,2
metatarso dx	Bd 65,8 Dd 43,1 SD 33,8
metatarso sn	Bd 55,8 Dd 28,6
falange I ant	GL 57,9 Bp 30*
falange I post	GL 55,7 SD 23,7 Bd 24,8
falange II	GL 35,5 Bp 30,1 SD 24 Bd 22,9
falange II	Bp 35

Caprovini

Resti dentari

M3 inf	L 20,6	B 7,8
M3 inf	L 20,4	B 7,6
M3 inf	L 19,1	B 7,5
M3 inf	L 22,1	B 8,2
M3 inf	L 20,3	B 7,4
M3 inf	L 19,6	B 8,1
M3 sup	L 18,4	B 10,3
M3 sup	L 18,4	B 10,6
M3 sup	L 17,2	
M3 sup	L 19,8	B 13,2
M3 sup	L 16,5	B 10,1
M3 sup	L 20,3	
Mascella	L M1-M340,4	

Postcraniale

omero dx,	Bd 27,5*
metacarpo sn	Bp 20,6
tibia dx	Bd 23,3 Dd 18,5

Suini

Resti dentari

M3 inf	L 32,2 B 14,5
M3 inf	L 36*, B 16,6
M3 inf	L 35,3 , B 17
M3 sup	L 34,7 B 19,8
M3 sup	L 35,9 B 16,9
M1-M3 sup	L 62,7 LM3 29,8

Postcraniale

omero sn	Bd 39,5*
omero sn	Bd 27,2
radio sn	Bp 27,9
ulna dx	BPC 20,7 diam max caput 31,7 B anteropost 42,2 (cinghiale?)
ulna sn	BPC 18,7
astragalo sn	GLl 38,8 Bd 22,5
calcaneo dx	GL 67
tibia dx	Bd 30,3 Dd 25

Author's address - Indirizzo dell'Autore:
- Gabriella Petrucci
via F. Denza 3, I-34143 TRIESTE
e-mail: petrucci.gabriella@gmail.com

Indice - Contents

Contents

ISSN 2038-0410